



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Susanna Raittila

# ÄYSTÖN KOULUN KUNTOTUTKIMUS

Tekniikka ja liikenne  
2011

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Susanna Raittila
Opinnäytetyön nimi	Äystön koulun kuntotutkimus
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	65 + 47 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

---

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tehdä kuntotutkimus Äystön koulusta. Koulu on rakennettu vuonna 1951 ja siihen on tehty laajennus vuonna 1985. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksen nykyinen kunto sekä tutkia ja arvioida tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Kuntotutkimus toteutettiin silmämääräisesti rakenteita tarkastellen sekä kosteusmittareita ja lämpökameraa käyttäen. Kosteusmittausten ja lämpökamerakuvausten avulla pyrin selvittämään rakennuksen nykyisen kunnon sekä korjaustarpeessa olevat rakenneosat.

Rakennusta tutkittuani suurimmaksi ongelmakohtaksi osoittautuivat vanhat kupariset vesijohtoputket, vanha rapautunut tiilikatto sekä kellariin noussut kosteuspuutteellisen vesieristyksen takia. Mielenkiintoinen havainto oli myös se, että lämpövuoto oli huomattavasti suurempaa koulun laajennusosassa kuin vuonna 1951 rakennetussa vanhassa osassa.

---

Avainsanat: kuntotutkimus, kosteusmittaus, lämpökamera, korjaussuunnitelma

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Koulutusohjelman nimi  
Civil Engineering

## ABSTRACT

Author	Susanna Raittila
Title	Condition Estimate for Äystö School building
Year	2011
Language	Finnish
Pages	65 + 47 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

---

The thesis was designed to make an inspection of the current condition of Äystö School. The school was built in 1951 and it has undergone an expansion in 1985. The objective of this study was to determine the current condition of the building as well as to examine and assesses the necessary corrective measures.

Viewing the structures visually and with the use of moisture meters and a thermal camera carried out condition survey. With the use of humidity measurements and thermal imaging camera my purpose was to establish the current condition of the building and detect the structural elements that were in the need of repair.

Visual examination showed that, the most important problems proved to be in the old copper water pipes, old weather tile and increased moisture in the basement due to lack of waterproofing. An interesting observation was the fact that heat loss was significantly greater in the newer parts of the school than in the schools old parts, built in 1951.

---

Keywords	Condition Estimate for school building, humidity measurement, thermal image, the corrective action plan
----------	--

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	7
2	KUNTOTUTKIMUS YLEISESTI .....	8
2.1	Kuntotutkimuksen eri menetelmät .....	9
2.2	Kuntotutkimuksen tekeminen .....	9
3	TURMELTUMISILMIÖT .....	12
3.1	Betonirakenteiden tyypilliset vauriot .....	12
3.1.1	Betonin kutistuminen .....	12
3.1.2	Betonin viruma .....	12
3.1.3	Betonin halkeilu .....	13
3.1.4	Betonirakenteiden raudoitteiden korroosio ja karbonatisoituminen .....	13
3.1.5	Betonirakenteiden pakkasvauriot .....	14
3.1.6	Betonirakenteiden valmistusvirheet .....	14
3.1.7	Betonirakenteiden suunnitteluvirheet .....	15
3.1.8	Betonirakenteiden ylikuormittuminen .....	15
3.2	Betonirakenteiden vaurioiden korjaaminen .....	15
3.2.1	Betonirakenteiden korjauspinnan käsittely .....	16
3.2.2	Betonin korjausmenetelmiä .....	16
3.3	Muurattujen rakenteiden tyypillisimmät vauriot .....	18
3.3.1	Muurauksessa käytetyn poltetun tiilen vauriot .....	18
3.3.2	Muuraus- ja rappauslaastien vauriot .....	19
3.3.3	Muurattujen rakenteiden raudoitteiden vauriot .....	19
3.3.4	Muurattujen rakenteiden halkeilun aiheuttamat vauriot .....	20
3.4	Muurattujen rakenteiden vaurioiden estäminen ja korjaaminen .....	20
3.4.1	Muurattujen rakenteiden kosteusvaurioiden estäminen .....	20
3.5	Rapattujen rakenteiden tyypillisimmät vauriot .....	21
3.5.1	Rapattujen rakenteiden kosteusvauriot .....	21
3.5.2	Rapattujen rakenteiden suunnittelu- ja työvirheet .....	21
3.6	Rapattujen rakenteiden huolto – ja korjausmenetelmät .....	22

3.6.1	Paikkarappaus .....	22
3.6.2	Uusintarappaus .....	22
3.6.3	Rappauksen maalaus .....	23
3.7	Puurakenteiden tyypillisimmät vauriot .....	23
3.7.1	Työ- ja suunnitteluvirheet .....	23
3.7.2	Kosteusvauriot .....	24
3.8	Puurakenteiden vaurioiden korjaus ja vahvistusmenetelmiä .....	25
3.9	Teräsrakenteiden vauriot .....	27
3.10	Teräsrakenteiden vaurioiden estäminen .....	28
4	ÄYSTÖN KOULU .....	29
5	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	30
5.1	Lämpökamerakuvaus rakennuksessa .....	30
5.2	Mitä lämpökamerakuvausella saadaan selvitettyä rakennuksesta? .....	30
5.3	Lämpökamera .....	31
5.4	Kosteusmittaus rakennuksessa .....	32
5.5	Kosteusmittari Gann Hydromette .....	32
5.5.1	Kosteusanturi aktiivielektrodi B50 .....	33
5.5.2	Juntta-anturi M18 .....	33
5.6	Kosteusmittari Vaisala HM44 .....	34
5.6.1	Vaisala HMI41- näyttölaite .....	34
5.6.2	Mittapäät HMP44 ja HMP42 .....	35
6	ÄYSTÖN KOULUN KUNTOTUTKIMUS .....	36
6.1	Perustukset .....	36
6.2	Rakennuksen alapohja .....	37
6.3	Rakennuksen runko .....	38
6.4	Rakennuksen julkisivut .....	39
6.4.1	Ulkoseinät .....	39
6.4.2	Ulko-ovet .....	41
6.4.3	Ikkunat .....	43
6.5	Rakennuksen vesikatto .....	44
6.6	Täydentävät rakenteet .....	46
6.6.1	Sisäovet .....	46

6.6.2	Alakatot .....	47
6.7	Tilojen pintarakenteet .....	48
6.7.1	Lattiapinnat .....	48
6.7.2	Seinäpinnat .....	50
6.8	LVI .....	51
7	LÄMPÖKAMERAKUVAT .....	53
7.1	Korjaustarpeen määrittäminen .....	53
7.2	Lämpökuvien analysointi .....	54
7.2.1	Koulun ensimmäinen kerros .....	54
7.2.2	Koulun toinen kerros .....	55
7.2.3	Kellari .....	55
8	KOSTEUSMITTAUKSET .....	56
8.1	Pintakosteusmittarin mittaustulosten raja-arvot .....	57
8.2	Pintakosteusmittaustulosten analysointi .....	57
8.3	Rakenteiden kosteusmittaustulosten analysointi .....	58
9	LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET .....	59
9.1	Ulkoseinät .....	59
9.2	Yläpohjat .....	60
10	KORJAUSEHDOTUKSET .....	61
10.1	Perustusten kunnostaminen .....	61
10.2	Julkisivujen kunnostaminen .....	61
10.3	Katon kunnostaminen .....	61
10.4	Vesijohtoputkien kunnostaminen .....	62
10.5	Ovien ja ikkunoiden kunnostaminen .....	62
10.6	Pintamateriaalien kunnostaminen .....	62
11	YHTEENVETO .....	63

## LIITTEET

LIITE 1: Äystön koulun rakennuslupapiirustukset

LIITE 2: Lämpökamerakuvat

LIITE 3: Kosteusmittaustulokset

LIITE 4: Lämmönläpäisykertoimet

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tehdä Äystön koulusta kuntotutkimus. Aiheen minulle antoi Teuvan kunnan talonrakennusmestari Jukka Aro. Kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää koulurakennuksen kunto ja etsiä sieltä mahdollisesti ilmeviä vikoja ja vaurioita.

Koulua lähden tutkimaan silmämääräisesti rakenteita rikkomatta. Teen mittauksia lämpökameralla, kosteusmittareilla ja selvitän laskennallisesti rakenteiden lämmönläpäisykertoimet Doftech-ohjelmalla. Lämpökameran ja kosteusmittarit tutkimuksia varten saan käyttöön Vaasan ammattikorkeakoululta. Saamiani tuloksia vertaan voimassa oleviin määräyksiin ja tulen myös raportoimaan tulosten toiminnallisuuden.

Äystön koulu on vuonna 1951 valmistunut kyläkoulu, jota on saneerattu ja laajennettu vuonna 1985. Tavoitteenani on tehdä kyläkoululle kuntotutkimus, sillä viimeisimpien tietojen mukaan koulu tulee säilymään toiminnassa vielä pitkään. Koulun saneerauksesta on kulunut noin 30 vuotta, joten olisi syytä tutkia koulun tämänhetkinen kunto. Täytyyhän huomioon ottaa myös se, että rakentamistyylit ja -tavat ovat muuttuneet huomattavasti tuona aikana. Opinnäytetyössäni pyrin selvittämään rakennuksen kaikki mahdolliset viat ja puutteet, sekä tekemään niistä mahdollisimman kattavat korjausehdotukset.

## 2 KUNTOTUTKIMUS YLEISESTI

Kuntotutkimus on tietyn rakennusosan, rakenteen, järjestelmän tai perusparannussuunnittelun tueksi tehtävä tutkimus, jossa erilaisten tutkimusmenetelmien avulla selvitetään rakenteiden kunto, tekninen toimivuus, rakenteessa käytetyt materiaalit, rasitusympäristö ja sen vaatima korjaustaso. Kuntotutkimus käsittää neljä eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa hankitaan rakennuksen asiakirjat, dokumentit, piirustukset ja muu materiaali sekä tutustutaan niihin. Olisi myös hyvä haastatella huoltohenkilökuntaa sekä asukkaita. Kun kohde tunnetaan asiakirjojen pohjalta, pystytään tekemään toinen vaihe eli aistinvarainen arviointi. Aistinvaraisen arvioinnin jälkeen pystyy suunnittelija valitsemaan tarvittavat tarkemmat tutkimusmenetelmät. Kolmas vaihe on mittausten, näytteiden oton ja laboratoriotutkimusten tekeminen. Näiden kolmen vaiheen avulla pystytään suorittamaan neljäs vaihe eli kokoamaan tulokset kuntotutkimusraporttiin. /2/

Menetelmät ja toimintatavat, joita kuntotutkimuksissa käytetään vaihtelevat huomattavasti, riippuen siitä mitä kohdetta ollaan tutkimassa. Esimerkiksi putkistojen ja julkisivujen kuntotutkimusmenetelmät eroavat toisistaan huomattavasti. /11/

Suunnittelijan tulee olla ammattitaitoinen, jotta hän osaa valita kohteen kannalta olennaiset tutkimukset kulloiseenkin tarpeeseen. Suunnittelijan täytyy olla ammatilainen myös siksi, jotta hän osaa hahmottaa kokonaiskuvan ja osaa valita näytteitä riittävän määrän. Kuntotutkimusmenetelmät voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään sillä perusteella, mikä on tutkimusvälinetarve ja rikotaanko menetelmällä tutkittavaa rakennetta. /2/

Kuntotutkimusta voidaan tarvita kuntoarvion jatkotoimenpiteenä silloin, kun silmämääräisellä kuntoarviolla ei pystytä tekemään luotettavia päätelmiä jonkin alueen tai osa-alueen kunnosta. Sen vuoksi kuntoarvioraportti voi jäädä tältä osin keskeneräiseksi tai puutteelliseksi. Monesti on kuitenkin tarpeen tehdä kuntotutkimus ennen korjaustoimenpiteiden suunnitelma-asiakirjojen laatimista, jotta pystytään valitsemaan kyseiseen kohteeseen parhaiten soveltuvat korjausmenetelmät. /11/



Kuntoarvioijan tulee suositella raportissaan kuntotutkimuksen tekemistä, jos jonkin osa-alueen kunto ja korjaustarve on jäämässä epäselväksi. Joissain tapauksissa voidaan kuntoarviota aloittaessa todeta, että luotettavan kuntoarvioraportin tekeminen edellyttää joiltain osin kuntotutkimuksen suorittamista jo kuntoarvion yhteydessä tai välittömänä jatkotoimenpiteenä. /11/

## **2.1 Kuntotutkimuksen eri menetelmät**

Aistinvarainen arviointi on rakennetta rikkomaton menetelmä, eikä siinä käytetä erityisiä tutkimuslaitteita. Vastaavasti alaslaskettujen kattojen ja tarkastusluukujen avaamisessa voidaan käyttää apuvälineitä, vaikka siinä ei rikotakaan rakennetta, ne vain avataan ja tutkitaan. Aistinvaraisen arvioinnin etuja ovat tutkimuskohteen kokonaiskuvan saaminen suhteellisen nopeasti ja ilman kalliita tutkimuksia. Haittana tällä menetelmällä on, että sillä ei saada yksityiskohtaista tietoa kohteesta. /2/

Ainetta rikkomattomia tutkimuksia ovat mm. infrapunakuvaus, kosteusmittaukset, viemäreiden TV-kuvaus sekä röntgenkuvaukset. Edellä mainituilla menetelmillä saatavan tiedon tarkkuus vaihtelee ja myös vaadittavien tutkimusvälineiden hintaerot voivat olla huomattavia. /2/

Näytteiden ottaminen ja laboratoriotutkimukset ovat ainetta rikkovia menetelmiä. Näytteiden avulla pystytään tutkimaan näytekohdan materiaali tarvittaessa hyvinkin tarkasti. Näytteiden ottamisessa epäselväksi voi jäädä se, kuinka hyvin näyte edustaa koko rakennetta. /2/

## **2.2 Kuntotutkimuksen tekeminen**

Kun tutkitaan rakennusta ja selvitetään siinä olevia vikoja, tehdään aiheesta kuntotutkimus, jonka tarkoitus on tutkia rakenteen kuntoa ja toimivuutta sekä arvioida vaurioiden laajuutta, laatua, astetta, syitä ja etenemistä. Kuntotutkimuksen sisältö suunnitellaan ja sovitetaan tarkoituksenmukaiseksi niin, että huomioidaan tutkimukseen käytettävissä olevat varat ja tiedon tarve. Kuntotutkimuksesta voidaan saada korjaussuunnitteluun tarvittavia lähtötietoja, jolloin tutkimuksen kattavuus ja tarkkuus ovat erilaiset. /2/

Tutkimuksissa tulokset voivat vaihdella huomattavasti, joten näytteenottojen ja tarkastelun laajuuden on oltava riittävän suuri, jotta saadaan mahdollisimman oikeanlaisia tuloksia. Mittaukset ja tarkastelu on tehtävä eri rakennetyypeille sekä rasisolosuhteiltaan erilaisille osille erikseen. /2/

Kuntotutkimuksissa tulee tarkastella kaikkia mahdollisia ongelmia ja turmeltumisilmiöitä erikseen. Tutkimuksiin on hyvä sisällyttää nykykunnan lisäksi arvio vaurioiden etenemisnopeudesta, jonka avulla pystytään valitsemaan sopiva korjausmenetelmä sekä – ajankohta. Kun rakennusta tutkitaan, on erityisen huolellisesti pyrittävä selvittämään turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ja kantavien rakenteiden vaurioiden eteneminen. Tutkimustulosten avulla voidaan karkeasti arvioida kysymykseen tulevia korjausvaihtoehtoja sekä niiden riskejä, kustannuksia ja korjausajankohtaa. Jos on tarvetta tehdä jatkotutkimuksia, on ne kirjattava muistiin. /2/

Toimenpiteiden laajuus ja kohdistaminen on harkittava huolellisesti tutkimusohjelmaa suunniteltaessa, sillä tietojen hankkiminen perustuu yleisesti otantaan, joka on kohdennettava mahdollisimman hyvin. Joissakin tapauksissa selvittävät asiat saattavat löytyä helposti, kun taas toiset vaativat laajempia ja tarkempia tutkimuksia. Kuntotutkimuksissa käytettävät menetelmät valitaan tarkoituksen mukaisesti kohteeseen sopiviksi, käyttäen aluksi halpoja ja yksinkertaisia menetelmiä ja tarpeen mukaan etenemällä tarkempiin kenttä- ja laboratoriotutkimuksiin. /2/

Kalliit ja monimutkaiset tutkimusmenetelmät eivät takaa käyttökelpoisia tutkimustuloksia korjaustarvetta arvioitaessa ja valittaessa korjausmenetelmää. Paras tulos saadaan useimmiten silloin, kun kuntotutkija on perehtynyt riittävästi vanhoihin rakenteisiin, turmeltumisilmiöihin ja käytössä oleviin korjausmenetelmiin. Kuntotutkijan on aina lähdettävä tutkimaan kohdetta ongelmakeskeisesti, ei menetelmakeskeisesti. /2/

Kuntotutkimuksesta tehdään raportti, johon kirjataan kohteen yleistiedot, kuvaus tutkittavista rakenteista, selostus turmeltumisilmiöistä yleisesti, kohteeseen tehty mittaukset, havainnot ja tulokset, näytteenottopisteet julkisivupiirustuksiin, tulosten analysointia, johtopäätöksiä korjaustarpeista rakenteittain sekä turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ja välittömät korjaustarpeet. Raporttiin tehdään yhteenveto, jos-

sa esitetään rakenteiden kunto ja korjaustarve lyhyesti ja ymmärrettävästi. On myös hyvä tarkastella ja vertailla vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä sekä kirjata jatkotutkimustarve. /2/

### **3 TURMELTUMISILMIÖT**

#### **3.1 Betonirakenteiden tyypilliset vauriot**

Yleisimpiä turmeltumisilmiöitä teräsbetonilla ovat halkeilu, terästen korroosio, karbonatisoituminen sekä pakkasrapautuminen. Betonirakenteiden vauriot voivat aiheutua mm. valmistusvirheistä, suunnitteluvirheistä tai ylikuormittumisesta. /2/

##### **3.1.1 Betonin kutistuminen**

Betonin kutistumista tapahtuu varhaiskutistumisena tai kovettuneen betonin kutistumisena. Varhaiskutistumista syntyy betonivalun jälkeen nopean haihtumisen vuoksi. Kovettuneen betonin kutistuminen voidaan jakaa kuivumiskutistumiseen sekä karbonatisoitumiskutistumiseen. Kuivumiskutistuminen on merkittävin kutistumistyypeistä ja se syntyy veden poistuessa geelihuokosista. Karbonatisoitumiskutistuminen aiheutuu ilman hiilidioksidin kemiallisesta reaktiosta. Betonin kutistuminen voi olla sekä valmistusvirhe puutteellisen jälkihoidon takia, että suunnitteluvirhe, jos kutistuman mahdollisuutta ei ole otettu huomioon suunnittelussa. /2/

##### **3.1.2 Betonin viruma**

Betonin viruma on muodonmuutos, joka syntyy kimmoisen muodonmuutoksen lisäksi kuormituksen vaikuttaessa pitkän ajan rakenteeseen. Kuormituksen poistuksessa rakenteesta kimmainen muodonmuutos palautuu heti ja viruman osuus palautuu ajan kuluessa osittain, mutta osa virumasta jää pysyväksi. Viruman suuruuteen vaikuttavat betonin ikä ja säilytysolosuhteet sekä rakenteen mittasuhteet, lämpötila sekä runkoaineen määrä ja laatu. Huono jälkihoito kasvattaa virumaa huomattavasti ja rakenteen raudoituksella virumaa pystytään pienentämään. Virumasta voidaan sanoa, että se on aina kuormasta syntyvä betonin ominaisuus. /2/

Käytännössä asia voidaan selvittää näin: Kun betonipinnalle asetetaan kuorma ja poistetaan kyseinen kuorma esimerkiksi viiden vuoden kuluttua, tulisi betonin palautua samaan tilaan mitä se oli ennen kuorman asettamista. Virumatapauksessa kuorman poistaminen betonin pinnalta ei kuitenkaan palauta betonin alkuperäistä olotilaa, vaan viruma palautuu ajan myötä ja osa virumasta jää pysyväksi. Viru-

masta voidaankin sanoa, että se on betonin ominaisuus. Viruman suuruus riippuu suurelta osin betonin lujuudesta kuormitushetkellä ja viruma vaikuttaa lopulliseen taipumaan merkittävästi.

### **3.1.3 Betonin halkeilu**

Betonirakenteeseen syntyy halkeamia, kun rakenteen todellinen vetojännitys ylittää vetolujuuden. Vetojännitystä voi syntyä rakenteiden painumisen ja plastisen kutistumisen seurauksena. Nämä syntyvät silloin, kun vesi poistuu tuoreesta betonista nopeasti ja betoni kuivuu. Muita syitä halkeiluun ovat hydrataation aiheuttaman lämpötilan nousun jälkeen tapahtuva jäähtyminen, kovettuvan ja kovettuneen betonin kuivumiskutistuma, kutistumaerot, rakenteen ulkoinen kuormitus, tukien siirtyminen, lämpötilan muutokset, karbonatisoitumiskutistuma, pakkasrautuminen sekä raudoitteiden korroosion aiheuttama sisäinen paine. Betonin murtovenymä on pieni noin, 0,15 promillea, joten kutistumisen estäminen johtaa aina halkeamiseen. Betonin halkeamisriskiä lisäävät rakenteen tuet ja kiinnikkeet, sillä ne estävät luonnollisten muodonmuutoksien syntymistä. /2/

### **3.1.4 Betonirakenteiden raudoitteiden korroosio ja karbonatisoituminen**

Raudoitteiden korroosio on seurausta betonin karbonatisoitumisesta tai kloridien tunkeutumisesta terästä ympäröivään betoniin. Korroosioksi kutsutaan aineiden esimerkiksi metallien syöpymistä sähkökemiallisten ja kemiallisten reaktioiden seurauksena. /2/

Raudoitteiden korroosio alkaa, kun betoni menettää suojauskykynsä. Tämä riippuu betonin laadusta, suojabetonin paksuudesta sekä ympäristöolosuhteista. Betonin suojauskykyä pystytään parantamaan sekä aktiivisen korroosion alkamista lykkäämään mm. betonin tiiviyden varmistamisella alhaisella vesisementtisuhteella, huolellisella tiivistämisellä ja riittävällä jälkihoidolla sekä käyttämällä riittävän paksuja raudoitteita suojaavaa betonikerrosta. /2/

Karbonatisoituminen tarkoittaa betonin neutraloitumisreaktiota, joka aiheutuu ilman sisältämän hiilidioksidin tunkeutumisesta betoniin, jonka seurauksena huokosveden pH-arvo alenee. Karbonatisoitumisen etenemisnopeus riippuu mm. be-

tonin diffuusiovastuksesta hiilidioksidin tunkeutumista vastaan, ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuudesta sekä karbonatisoituvan aineen määrästä. Betonin kosteuspitoisuus sekä huokosrakenne vaikuttavat siihen, miten nopeasti hiilidioksidi tunkeutuu betoniin. Betonin huokosrakenteeseen ja tiiveyteen vaikuttaa eniten vesisementtisuhte ja hydrataatioaste eli betonin kovettumisreaktio. Halkeamat lisäävät hiilidioksidin tunkeutumista betoniin. Betonin kosteuspitoisuus vaikuttaa siihen, että huokosverkoston täyttyessä hiilidioksidin tunkeutuminen vähenee. Hyvin kuivissa olosuhteissa, eli RH ollessa alle 30 %, karbonatisoituminen pysähtyy, koska karbonatisoitumisreaktio tapahtuu vesiliuoksessa. /2/

### **3.1.5 Betonirakenteiden pakkasvauriot**

Pakkasvaurioista yleisin on pakkasrapautuminen, joka on seurausta betonin huokosverkossa olevan veden jäätymislaajenemisen aiheuttamasta paineesta. Vesi pääsee huokosverkostoon esim. viistosateen tai sulavan lumen vaikutuksesta. Jotta huokosveden jäätymispaisumisen aiheuttama hydraulinen paine ei aiheuttaisi betoniin murtumia, on betonissa oltava ilmatiloja, jotka eivät pääse täyttymään vedellä kapillaarivoimien vaikutuksesta. Ettei hydraulinen paine pääse muodostumaan, on ilmatilojen välimatkan oltava riittävän pieni, huokosten oltava tasaisesti jakautuneena sementtikivessä ja ne eivät saa muodostaa verkostoa. Pakkasenkkestävyyden kannalta riittävän tiheä huokostus saadaan lisähuokostusainetta käyttämällä. Lisähuokostamisen ohella pakkasenkkestävyyteen vaikuttaa vesisementtisuhte. Alhainen vesisementtisuhte pienentää vedenimukykyä ja -nopeutta, ja näin jäätyvän veden määrää. Pakkasrapautuminen ilmenee betonin säröilyinä. Säröt taas vaikuttavat lujuuteen ja vedenimeytymiseen ja voivat rasituksen jatkuessa aiheuttaa betonin rapautumisen. /2/

### **3.1.6 Betonirakenteiden valmistusvirheet**

Valmistusvirheet teräsbetonirakenteissa ovat yleisimpiä rakenteiden vaurioihin ja huonoon kantavuuteen johtavia syitä. Työvirheiden ja puutteellisen jälkihoidon vuoksi betonin lujuus voi olla huomattavasti suunniteltua pienempi, ilman että rakenteessa ilmenee näkyviä vaurioita. Rakenteen kantavuuden kannalta haitallisia puutteita ovat terästen väärä sijainti ja puutteellisen tiivistämisen aiheutta-

mat virheet valuvaiheessa. Myös betonimassan valmistusvirheet vaikuttavat suurelta osin betonirakenteiden vaurioihin. On huomioitava, että teräsbetonirakenteen käyttöön kannalta teräksiä suojaavan betonikerroksen vahvuudella on suuri merkitys ulkona sijaitsevilla ja kosteudelle alttiina olevissa rakenteissa. /2/

### **3.1.7 Betonirakenteiden suunnitteluvirheet**

Yleisiä suunnitteluvirheitä betonirakenteissa ovat väärin mitoitettut perustukset, hakojen liian vähäinen määrä sekä alimitoitus. Kutistumisesta, lämpötilan muutoksista ja lämpötilaeroista aiheutuvia pakkovoimia ja muodonmuutoksia ei ole huomioitu. Yksityiskohtien suunnittelussa on tehty virheitä ja raudoitus on suunniteltu liian tiheäksi, eikä kunnollinen betonointi ole tällöin mahdollista. Myöskään kaikkia rakenteille tulevia kuormia ei ole otettu huomioon suunnittelussa. Silloin kun virheen seuraukset ovat pienet, voi syntyä vain halkeilun aiheuttaman rakenneosan ulkonäön heikkenemistä, mutta pahimmillaan voi koko rakennuksen käyttökelpoisuus vähentyä pienenkin ajan sisällä. /2/

### **3.1.8 Betonirakenteiden ylikuormittuminen**

Rakenteiden ylikuormittuminen saattaa johtua siitä, ettei kuormitusta ole osattu suunnitella suunnitteluvaiheessa oikealla tavalla. Tällaisia kuormia ovat onnettomuuskuormat, törmäykset tai tulipalo. Rakenteen ylikuormittuminen voi olla seurausta käyttötarkoituksen, olosuhteiden tai rakenteelle tulevan kuorman muuttamisesta. Kuormien kasvu harvoin aiheuttaa rakenteiden sortumista, mutta saattaa aiheuttaa haitallista taipumista ja halkeilua. /2/

## **3.2 Betonirakenteiden vaurioiden korjaaminen**

Huolellisten tutkimusten jälkeen on kohteeseen valittava sopiva korjaus- ja vahvistusmenetelmä. Oikea korjausmenetelmä löytyy vaurion laadun, laajuuden ja sijainnin perusteella. Myös rakenteen käyttötarkoitus, korjatulle rakenteelle asetetut vaatimukset sekä käytettävissä oleva aika vaikuttavat valintaan. Jotta korjaustyö onnistuisi parhaiten, on huomioitava mm, että vaurion syy on tiedossa, korjaustyössä käytetään ammattitaitoista ja riittävän kokenutta työvoimaa, tartuntapinta on oikein käsitelty, korjausbetoni on riittävän tiivistä koostumukseltaan ja betoni-

peite on olosuhteiden mukainen sekä jälkihoito riittävän pitkä. Tiheä liikuntasaumaväli ja liikkeen sallivat kiinnitykset vähentävät betonin halkeilua. /2/

### **3.2.1 Betonirakenteiden korjauspinnan käsittely**

Korjauspinnan käsittelyn tarkoituksena on saada mahdollisimman hyvä tartunta uuden ja vanhan betonin välille. Jotta lopputulos olisi mahdollisimman hyvä, on kaikki vaurioitunut, irtonainen ja haljennut betoni poistettava. Poistaminen on tehtävä huolellisesti välttämällä turhaa rikkomista. Liian voimakkaalla piikkauksella saadaan aikaan mikrohalkeilua, joka heikentää vanhan betonin rakennetta ja uuden betonin tartuntaa. Tartuntapinnan on oltava karhea, jotta saadaan aikaan riittävä tartunta uuden ja vanhan betonin välille. Tartuntapinta on puhdistettava hyvin ennen korjausta vesi- tai ilmasuihkulla tai imuroimalla. Kun teräkset hiekkapuhalletaan ja tartuntapinta kostutetaan, parannetaan tartuntaa ja vähennetään kuivumiskutistumisesta syntyviä jännityseroja. Teräkset on hyvä käsitellä korroosiosuoja-aineella. Ettei kutistumista ja halkeilua pääsisi tapahtumaan, on huolehdittava riittävästä jälkihoidosta. /2/

Varmistamalla betonin tiiveys alhaisella vesisementtisuhteella, huolellisella tiivistämisellä ja riittävällä jälkihoidolla sekä raudotteita suojaavalla betonikerroksen riittävällä paksuudella voidaan parantaa betonin suojauskykyä ja lykätä korroosion alkamista. /2/

### **3.2.2 Betonin korjausmenetelmiä**

Betonin korjausmenetelmiä ovat mm. kuivasullonta, laastipaikkaus, betonipaikkaus, muovipaikkaus, ruiskubetonointi sekä injektointi. /2/

Kuivasullontamenetelmässä tartuntapinnat käsitellään laastihierontaa käyttäen. Ennen käsittelyä pinta täytyy kostuttaa, jonka jälkeen laasti sullotaan puutapilla paikattavaan kohtaan noin 10 mm:n kerroksina. Sullonnan jälkeen korjauspaikka on pidettävä kosteana vähintään vuorokauden ajan. Kuivasullonta menetelmää voidaan käyttää kohteissa, joissa vauriot ovat syviä ja läpimitaltaan pieniä koloja. /2; 8/



Laastipaikkauksessa laasti laitetaan paikkauskohtaan 10–20 mm:n kerroksina noin puolen tunnin välein niin, että ylimääräinen vesi ehtii haihtua pois. Ylimääräinen massa poistetaan varovasti paikan keskeltä reunoille päin, ettei korjauspaikan tartunta huonone. Korjauspaikan pintaa ei saa hiertää. Suurehkoissa kohteissa laastipaikkaus kannattaa tehdä paineilmalla toimivaa ejektoria käyttäen. Laitteisto on käyttötarkoitukseltaan samanlainen kuin ruiskubetonoinnin märkämenetelmä, mutta kooltaan pienempi. Käsipaikkaukseen verrattuna lopputulos on parempi, koska ejektorilaasti tarttuu lujasti liitospintaan ja tiivistyy tiiviiksi pinnaksi. Soveltuu paikallisiin rappausvaurioihin. /2; 8/

Betonipaikkauksessa vesisementtisuhteen tulee olla lähes sama kuin itse rakenteen. Käytettävän betonin laatu tulee valita niin, että saadaan haluttu pakkasenkestävyys ja lujuus betonille. Korjauspaikan kutistumisen vähentämiseksi betonin koostumus on valittava niin, että vesimäärä on mahdollisimman pieni ja tiheästi raudoitettuihin kohtiin olisi hyvä käyttää nesteytettyä betonia, sillä se parantaa tartuntalujuutta ja tunkeutuu paremmin ahtaisiin rakoihin. Menetelmää käytetään pinta-alaltaan pienissä vaurioissa. /2; 8/

Muovipaikkauksessa tavallisimmin käytettyjä muoveja ovat epoksi ja akryyli. Alkalisina aineina ne soveltuvat hyvin yhteen betonin kanssa. Muovipaikkausta käytettäessä on huomioitava, että muovi muodostaa betonin pinnalle tiiviin kerroksen, joka estää kosteuden poispääsyn alle jääneestä betonista. Jos alle jäänyt kosteus yrittää pyrkiä pois rakenteesta muovikerroksen kautta, voi paikka irrota hyvin nopeasti. Muovien lämmönläpäisykerroin on moninkertainen verrattuna betoniin, mikä saattaa aiheuttaa materiaalien irtoamisen toisistaan. Muovien käytöllä on myös etuja, jotka ovat mm. hyvä kulutuksen kestävyys, hyvä tartunta liittyviin rakenteisiin, suuri lujuus ja pieni kutistuma sekä hyvä kemiallinen kestävyys. Muovipaikkaus sopii menetelmänä pieniin kohteisiin. /2/

Ruiskubetonointi tarkoittaa menetelmää, jossa betonimassa paineilman avulla ruiskutetaan pintaa vastaan. Suurissa ja vaativissa kohteissa ruiskubetonointi on tyypillisin betonirakenteiden korjaus- ja vahvistusmenetelmä. Ruiskubetonointi soveltuu hyvin rakenteiden alapuolisiin korjauksiin. Työmenetelmän takia saa-

daan korkealuokkaista, säänkestävää ja tiivistä betonia, jolla tartuntalujuus on hyvä. Menetelmä ei sovellu pieniin kohteisiin. /2/

Injektoinnin tarkoituksena on vahvistaa ja tiivistää olemassa olevaa rakennetta. Injektoinnilla korjataan halkeamia, jotka täytetään paineen avulla esim. käyttämällä epoksipohjaista maalia. Injektointi aloitetaan paikkaamalla korjattava alue niin, ettei injektointiaine pääse purkautumaan ulos. Pintapaikkauksen jälkeen rakenteesseen porataan injektointitulppia varten reiät, jotka ulottuvat riittävän syvälle injektoitavaan kohteeseen. Injektointi reikiä porataan 300–600 mm:n välein ja injektointi aloitetaan alimmasta tulpasta. Kun massan pinta on noussut seuraavan tulpan tasolle, siirrytään injektoimaan seuraavaa tulppaa ja alempi tulppa suljetaan. /2; 8/

### **3.3 Muurattujen rakenteiden tyypillisimmät vauriot**

Muurauskivien ja laastien pakkasrapautuminen ovat muurattujen rakenteiden merkittävimpiä turmeltumisilmiöitä. Muita ongelmia ovat halkeilu, raudoitteiden korroosio, lämpö- ja kosteusliikkeet sekä sadevesivuodot kuorimuurien läpi. /2/

#### **3.3.1 Muurauksessa käytetyn poltetun tiilen vauriot**

Lujuus, pakkasenkestävyys ja läpäisevyys ovat tiilien ominaisuuksia, jotka vaihtelevat runsaasti, johtuen tiilien polttolämpötilasta. Tiilien huokosrakenne on sellainen, että kapillaarisella alueella olevien huokosten osuus on suuri. Tästä johtuen vedenimuneus ja kosteudenjohtavuus ovat suuria. /2/

Huomattavin poltetun tiilen turmeltumisilmiö on pakkasrapautuminen. Pakkasvaurioita pääsee syntymään ainoastaan silloin, kun tiilen kosteuspitoisuus on riittävän suuri. Rakenteen pakkasvaurioiden syntymiseen vaikuttavat tiilien materiaaliominaisuuksien lisäksi tekijät, jotka määrittelevät tiilien pakkasrasituksen ankaruuden ja vedelläkylästyksen. Näitä ovat ulkoiset rasitustekijät, kuten kosteusrasitus, kuivumisnopeutta tehostavat tekijät, rakenteen jäätymis-sulamisvaiheiden nopeus ja lukumäärä. Myös rakenteen omat ominaisuudet vaikuttavat tiilien kosteuspitoisuuteen sekä lämpötilaan. Näitä ominaisuuksia ovat rakenteiden materi-

aaliyhdistelmät sekä kerrospaksuudet, rakenteiden yksityiskohdat, pintakäsittely ja työnsuoritus. /2/

Tiilien pakkasvaurioita on kokemusten mukaan ilmennyt kaikista eniten ankaralle viistosateelle altistuneissa kuorimuureissa, aidoissa, maakosketuksissa olevissa rakenteissa sekä puutteellisesti toimivien liitosten ja vuotavien pellitysten yhteydessä. Tiilien pakkasenkestävyyttä voidaan testata jäädytys-sulatuskokeilla ja vedenimukokeilla. Luotettavin tulos saadaan käyttämällä tarvittaessa useita menetelmiä rinnakkain. /2/

### **3.3.2 Muuraus- ja rappauslaastien vauriot**

Muuraus- ja rappauslaastit voidaan jakaa kalkkisementti-, kalkki- ja sementtilaasteihin niiden sideaineen laadun perusteella. Kalkkilaasti on ilmasideaineista eli se on sammutetun kalkin, runkoaineen ja veden seos, joka kovettuu hiilidioksidin vaikutuksesta. Kalkkisementtilaastin sideaineena on ilmakalkin lisäksi portlandsementtiä, joka vaikuttaa laastin kovettumisnopeuteen, lujuuteen ja säänkestävyyteen. Muuraussementtilaastin pääsideaineena käytetään sementtiä. /2/

Pakkasrapautuminen on laastien tyypillisin turmeltumisilmiö. Lisähuokostamalla voidaan parantaa tehdaslaastien pakkasenkestävyyttä. Kuorimuureissa pakkasrasitus on niin raju, että laasti on aina syytä lisähuokoistaa. /2/

### **3.3.3 Muurattujen rakenteiden raudoitteiden vauriot**

Muuratuissa rakenteissa käytettyjen seostamattomien terästen korroosiosuoja on riittämätön, koska muuratut rakenteet halkeilevat helposti ja muurattaessa teräksiä on vaikea saada kokonaan laastin ympäröimäksi. Myös tiilien pH-arvo on neutraali ja laasti huokoisena materiaalina karbonatisoituu nopeasti, menettäen teräksiä suojaavan alkalisuuden. Julkisivuissa, joiden ulkokuori on tehty muuraamalla, olisi syytä käyttää kuumasinkittyjä tai ruostumattomia rautoja. /2/

Korroosio-olosuhteet ovat hyvin ankarat seinien eristehalkaisussa, joten muurausiteet on syytä tehdä ruostumattomasta teräksestä. Kaikkia eristehalkaisuun tulevia rakenneosia suunniteltaessa on huomioitava, että tarvikkeiden kuntoa ei voida

seurata ja niiden uusiminen on kuorimuuria purkamatta tavallisesti mahdotonta. Erilaiset metallit eivät saa olla kosketuksissa toisiinsa, koska tällöin korroosio voi nopeutua. /2/

### **3.3.4 Muurattujen rakenteiden halkeilun aiheuttamat vauriot**

Muuratuissa rakenteissa tapahtuvat muodonmuutokset voidaan jakaa kuormituksesta aiheutuneisiin muodonmuutoksiin, liittyvien rakenteiden siirtymistä aiheutuviin muodonmuutoksiin ja lämpötilan ja kosteuspitoisuuden muutoksista aiheutuviin muodonmuutoksiin. Estetyt muodonmuutokset aiheuttavat pakkovoimia ja jännityksiä, jotka taas voivat aiheuttaa halkeamia. /2/

Kuorimuurien tukien taipumat ja painumat, eri seinäosien erisuuruiset kuormitukset sekä lämpötilan ja kosteuden muutosten aiheuttamat muodonmuutokset johtavat levyn tason suuntaisiin siirtymiin korkeus- ja pituussuunnassa. Julkisivuosien estetyt muodonmuutokset ja erilaiset siirtymät saattavat johtaa halkeamiin tai siihen, että kuorimuurin tuki siirtyy. Halkeamat muodostuvat useimmiten muurauskappaleen ja laastin väliseen tartuntapintaan. /2/

## **3.4 Muurattujen rakenteiden vaurioiden estäminen ja korjaaminen**

Halkeilua kuorimuureissa voidaan estää liikuntasaumojen oikealla sijoittelulla ja suunnittelulla, lisäämällä raudoitusta, varmistamalla tukien jäykkyys sekä oikealla liitosten suunnittelulla. Halkeilua voidaan korjata mm. tiivistämällä ne elastisella massalla tai täyttämällä laastilla. Kuorimuureissa käytettävät raudat on oltava ruostumattomasta teräksestä korroosion estämisen vuoksi. Korjausrakentamisessa joudutaan yleensä käyttämään yksittäisten tiilien irrottamismenetelmää, joko piikkaamalla laastireunat auki tai timanttileikkurilla sahaamalla aukko seinään. /2; 14/

### **3.4.1 Muurattujen rakenteiden kosteusvaurioiden estäminen**

Kosteusvaurioiden estämisen ja korjaamisen lähtökohta on estää kosteuden kulkeminen rakenteisiin ja rakenteissa. Jos kosteus pääsee nousemaan perustuksia pitkin runkorakenteisiin, on mahdollista käyttää esim. impegrointia kosteuden ja suolojen nousun katkaisemiseksi. Impegroinnilla tarkoitetaan betonipinnan veden-

sekä suolaliuosten läpäisevyyden vähentämistä. Suolojen vahingoittamat tiilet korjataan vaihtamalla uudet tiilet vanhojen tilalle. Samoin toimitaan pakkasrapautumistapauksissa /2/. Kosteusvaurioita voidaan estää myös vesipeltien kaltevuu- den parantamisella, parantamalla kuorimuurin tuuletusta esim. tuuletusputkien avulla, rakentamalla veden ulosjohtamisaukkoja tai tekemällä tuulettuva ja sa- teenpitävä uudelleenverhous. /14/

### **3.5 Rapattujen rakenteiden tyypillisimmät vauriot**

Kuorimuurit ovat alttiimpia rappausvaurioille verrattuna massiivitiiliseiniin. Tämä johtuu kuorimuurin suuremmista lämpötilavaihteluista sekä pienemmästä kosteu- densitomiskyvystä verrattuna massiivitiiliseiniin. /15/

#### **3.5.1 Rapattujen rakenteiden kosteusvauriot**

Rapatut julkisivut ovat herkkiä kosteusrasituksille, joita voi syntyä huonosta jul- kisivupellityksestä tai liian tiiviistä pintakäsittelyaineesta. Näistä voi seurata pak- kasrapautumista tai rappauksen paikallista irtoamista. On myös mahdollista, että ruostuvat teräkset aiheuttavat rappauksen paikallista irtoamista. Liian tiiviin pin- takäsittelyn aiheuttamaa rapautumista voi esiintyä koko julkisivun alueella. /15/

Kosteus- ja lämpöliikkeet saattavat aiheuttaa julkisivuissa rappauksen halkeilua. Tukien liikkuminen ja liikuntasaumojen vähyys yhdessä lämpö- ja kosteusliikkeen kanssa saattavat johtaa haitallisiin halkeamiin rakenteissa. Jos perustukset painu- vat epätasaisesti, saattaa se aiheuttaa halkeamia ikkuna-aukkojen ylä- tai alapuo- lella, jatkuen läpi seinärakenteen. /15/

#### **3.5.2 Rapattujen rakenteiden suunnittelu- ja työvirheet**

Väärin suunniteltujen rakenteiden lisäksi työvirheet aiheuttavat vaurioita rappauk- sissa. Ongelmia esiintyy kohteissa, joissa on tehty uusi, vanhaa alustaa lujempi rappauskerros, jolloin laastin koostumus on ollut vääränlainen. Myös rappauksen tartunta voi pettää johtuen sopimattomasta alustasta tai työvirheestä. Suojauksen puuttuminen työnaikana on huomattava työvirhe, sillä suojauksen puuttuminen

saattaa aiheuttaa jäätymistä. Tästä taas seuraa pakkasvaurioita, jotka aiheuttavat halkeamia. /15/

### **3.6 Rapattujen rakenteiden huolto – ja korjausmenetelmät**

Rapatun julkisivun käyttöikään vaikuttavia huoltotoimenpiteitä ovat julkisivun puhdistaminen, uusinta- ja paikkamaalaus sekä julkisivun yksityiskohtien huoltaminen. Esimerkkejä julkisivun yksityiskohdista ovat pellitykset ja sadevesijärjestelmät. /15/

#### **3.6.1 Paikkarappaus**

Paikkarappauksia on mahdollista tehdä silloin, kun vauriot ovat paikallisia, niitä on rajoitetusti ja niiden syyt ovat poistettavissa. Tällöin on poistettava samalla vaurion syy. Ensiksi on kuitenkin selvitettävä kaikki rappauksen heikot kohdat, jonka jälkeen poistetaan vaurioitunut alue suorakulmaisesti ehjään ja lujaan pintaan asti. Korjauksessa käytettävä rappauslaastin sekä rappausalustan pitää olla yhteensopivia. Korjauksessa käytettävä laasti ei saisi olla vanhaa säilytettävää laastia lujempaa. Paikkarappauksien ongelma on se, että niitä on vaikea saada tehtyä siten, etteivät ne erottuisi ympäristöstään. Monesti rajapintaan muodostuu halkeamia. Tätä on pyritty estämään tekemällä täyttörappaus useampana kerroksena. Paikkarappauksesta tehdään monesti koepintoja, jotka havainnollistavat, kuinka vanha ja uusi rappaus reagoivat keskenään. /15/

#### **3.6.2 Uusintarappaus**

Koko rappauksen uusiminen tulee kysymykseen silloin, kun vauriokohtia on enemmän kuin 30 % rakennuksen seinistä. Jos paikkarappauksella ei päästä teknisesti, taloudellisesti ja ulkonäköseikkojen vuoksi toivottuun lopputulokseen, on tehtävä uusintarappaus laajemmalle alueelle. Tällöin julkisivupinnat saadaan tasalaatuisemmiksi ja pystytään ennakoimaan korjaustarve paremmin. Jos uusintarappaustarpeen aiheuttaa liian tiivis maalikerros, on vaurioitunut rappaus syytä poistaa kokonaan, sillä ehjältäkin näyttävässä kohdassa saattaa olla vaurioita, joita ei pinnalta katsottuna huomaa. /2; 15/

### 3.6.3 Rappauksen maalaus

Rappauspinnan käsittely rappaista huonommin kosteutta läpäisevällä pinnoitteella heikentää huomattavasti kestävyyttä. Varmin käsittelymuoto on läpivärjätty pinta-laasti tai kalkkimaalaus. Kalkkimaalia tulisi käyttää vanhoilla rappauspinnoilla, jotka ovat ennestään kalkkimaalipintaisia. Orgaanisia maaleja, joita ovat mm. ak-ryylimaalit, ei tulisi käyttää kuin poikkeustapauksissa lujimmilla rappauspinnoilla. /2/

Rappauksen maalauskäsittelyä suunniteltaessa on etukäteen selvitettävä vanhojen rakenne- sekä pintakäsittelykerrosten laatu ja yhteensopivuus uusien materiaalien kanssa. Pintakäsittelymateriaalia valittaessa tulee huomioida seuraavat asiat: pinnoitteen vaikutus alustan kestoikään, pinnoitteen korjaus- ja päällemaalausmahdollisuus sekä pinnoitteen poistomahdollisuus alustaa vaurioittamatta. /2/

## 3.7 Puurakenteiden tyypillisimmät vauriot

Puu on orgaaninen materiaali, jonka ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti puulajin, tiheyden, oksaisuuden, vikojen sijainnin sekä tarkastelusuunnan mukaan. Puurakenteiden huomattavimmat vauriot johtuvat biologisista rasisitustekijöistä. Muut rasisitustekijät, kuten lämpötila ja auringon säteily, kosteus ja rasisitustasoon vaikuttavat rakenteelliset tekijät ovat tärkeitä, koska ne luovat perustan biologisten tekijöiden toiminnalle. /2/

Puurakenteissa esiintyy tyypillisesti vaurioita, jotka ovat seurausta työ- ja suunnitteluvirheistä, ylikuormittumisesta ja halkeamista. Turmeltumisilmiöistä huomattavimpia ovat homehtuminen, lahoaminen ja sinistyminen, jotka ovat seurausta kosteusvaurioista. /2/

### 3.7.1 Työ- ja suunnitteluvirheet

Tyypillisimpiä työvirheitä ovat palkkien vedettyyn reunaan tehdyt lovet ja kolot sekä väärin kohtiin tehdyt reiät, joiden takia rakenteen kantavuus alenee. Suunnitteluvirheitä ovat alimitoitettut liitokset, joiden takia rakenteen muodonmuutokset kasvavat. Ylikuormittamisesta johtuvat yleensä suuret muodonmuutokset liitok-

sisä. Jos rakentamisvaiheessa on käytetty massiivista sahatavaraa, on suuri mahdollisuus, että se halkeilee kuivuessaan. /2/

### 3.7.2 Kosteusvauriot

Vesi voidaan luokitella rakenteiden pahimmaksi viholliseksi. Rakenteissa oleva vesi voi olla peräisin rakennusaikaisesta kosteudesta, maasta tulevasta kosteudesta, rakennuksen sisältä tulevasta kosteudesta tai sadevedestä. Rakennuksen kestävyys kannalta kosteuden kurissa pitäminen on tärkein asia. Puurakenteiden jatkuva kosteus aiheuttaa puun lahoamisen, homehtumisen ja sinistymisen. Puurakenteissa yleisin vaurio on kosteusvaurio, jotka aiheuttavat lahoa, lujuuden alenemista ja rakenteiden muodonmuutoksia. /10; 2/

Puun hygroskooppinen tasapainokosteus, jonka puu voi sitoa ilman kosteudesta itseensä, riippuu puulajista. Tasapainokosteus on yleensä 28-30 painoprosenttia. Puun tasapainokosteus ja ilman vesihöyrystä puuhun sitoutuvan kosteuden maksimimäärä riippuu lämpötilasta ja siitä, onko puu kastumassa vai kuivumassa. Jos puu on pitkään yli 85 % suhteellisessa kosteudessa, ylittää hygroskooppinen kosteus lahorajan, joka on 20 painoprosenttia. On huomioitava, että puu pystyy imeämään kapillaarisesti enemmän vettä kuin hygroskooppisesti. /2/

Lahon muodostumisen edellytykset ovat, että ilman suhteellisen kosteuden tulee olla suurempi kuin 80 % ja ilman lämpötila +3 – (+45). Homeen kasvu edellytykset ovat, että ilman suhteellisen kosteuden tulee olla suurempi kuin 75 % ja ilman lämpötilan +3 – (+45). /1/

Puuta ravintonaan käyttävät lahottajasienet aiheuttavat puussa kasvamalla lahoamista. Lahottajasienien vaikutuksesta puun muoto, koostumus ja väri muuttuvat huomattavasti. Puussa tapahtuvien muutosten vuoksi puun lujuusominaisuudet kärsivät erittäin voimakkaasti, mutta myös puulaji vaikuttaa lahonkestävyyteen. Ilmavirtausten mukana sienten itiöt leviävät kaikkialle. Kun itiöt kulkeutuvat puun pinnalle, voivat ne itää ja kasvattaa rihmastoaan puun sisälle. Rihmoista erittyvät puun ainesosia hajottavia entsyymejä, jotka aiheuttavat puun lahoamisen. Lattia-sieni on merkittävin lahottajasieni. /2; 10/



### 3.8 Puurakenteiden vaurioiden korjaus ja vahvistusmenetelmiä

Rakenteellista ja kemiallista suojausta käyttämällä pyritään estämään puurakenteiden biologista turmeltumista. Rakenteellinen suojaus käsittää rakentamistapaan kuuluvia tai siihen liittyviä toimenpiteitä, jotka oleellisesti vähentävät tai kokonaan estävät rakenteen lahoamista. Tällä suojaustavalla yritetään estää kostumista, varmistaa kuivuminen sekä rajoittaa muita lahoamista edistäviä tekijöitä. /2/

Kemiallista suojausta käytetään silloin, kun puun biologista vaurioitumista, lahoamista ja sinistymistä ei voida estää rakenteellisin keinoin. Rakentamiseen käytettävä puutavara käsitellään tällöin hyväksytyillä suoja-aineilla. On kuitenkin huomioitava, että kemiallinen suojaus ei tee puusta lahoamatonta, vaan se parantaa lahonkestävyyttä. Usein helpoin tapa toimia vaurioituneen rakenneosan kanssa on uusia vaurioitunut osa kokonaan. Joissakin tapauksissa riittävä toimenpide on rakenteen vahvistaminen. /2/

Rakenteen menetettyä kantavuutensa on helpoin korjaustapa vaurioituneen rakenneosan uusiminen. Puupalkki voidaan korvata uudella puupalkilla, mutta myös teräspalkkia voidaan käyttää. Vetoliitoksia pystyy korjaamaan kylkiin naulattavien jatkokappaleiden avulla. Jatkokappaleet tulee mitoittaa noin puolitoistakertaiselle voimalle rakenteeseen syntyvään vetovoimaan nähden. /2/

Rakennuksen huoltotoimenpitein käyttöaikana on varmistettava, että rakenteellinen suojaus säilyy. Siksi sisäpuolinen vedeneristys, putkien, vesikatteen, räystäskourujen, ala- ja yläpohjan tuuletuksen ja salaojituksen kunnon seuraaminen ja vikojen korjaaminen on oltava jatkuvaa koko rakennuksen elinkaaren ajan. /2/

Lahovaurioita korjattaessa poistetaan yleensä lahonnut rakenneosa ja korvataan se uudella. Tällöin ongelmakohdaksi tulee uuden ja vanhan rakenteen liittäminen toisiinsa. Puristusrasitetuissa liitoksissa riittää korjaustavaksi osien välisen puristuspinnan yhteensovittaminen. Halkeamat rakenteissa voidaan korjata parhaiten liimaamalla rakenteen kylkiin vahvistusosia esim. vaneria. /2/

Lahovaurioiden ehkäisemiseksi rakennukset tulee suunnitella, rakentaa ja huoltaa niin, että puuosat pysyvät kuivina tai ainakin pääsevät kastuttuaan kuivumaan

mahdollisimman nopeasti. Tähän tähtääviä toimenpiteitä sanotaan rakenteelliseksi lahontorjunnaksi. Tärkein seikka lahovaurioiden korjaamisessa on poistaa lahottavien olosuhteiden muodostaja. /10/

Kun pyrkii estämään lahon ja homeen olosuhteiden muodostumisen, pystyy torjumaan tehokkaimmin lahovaurioita. Lahon muodostumisen edellytykset ovat, että ilman suhteellisen kosteuden tulee olla suurempi kuin 80 % ja ilman lämpötila  $+3 - (+45)$ . Homeen kasvuedellytykset ovat, että ilman suhteellisen kosteuden tulee olla suurempi kuin 75 % ja ilman lämpötilan  $+3 - (+45)$ . /1/

Rakennusten lahovaurioita syntyy useimmiten alapohjiin ja kantaviin rakenteisiin, mistä vaurioita on hankala huomata ja korjata. Laho etenee näkymättömissä, joten se todetaan monesti vasta, kun vaurio on päässyt leviämään laaja-alaiseksi. Siksi rakennuksen kunnostamisen yhteydessä on aina tarkastettava perusteellisesti alapohja, että pystytään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa korjaamaan lattiasienien aiheuttamat vauriot. Vaurioiden tavallisin syy alapohjassa on puutteellinen salaojitus, eristäminen ja tuuletus. /10/

Lahoaminen heikentää puun lujuutta huomattavasti, joten varsinkin kantavien puuosien vauriot on tutkittava huolellisesti ja heikentyneet osat on tuettava tai vaihdettava. On huomioitava, että useimmat lahottajasienet säilyvät pitkiä aikoja hengissä kuivassa puussa ja lahoaminen alkaa nopeasti puun kostuttua uudelleen. Korjauksen yhteydessä on aina vaihdettava kaikki lahovaurioitunut puutavara. /10/

Lahovaurioiden aiheuttajan ollessa lattiasieni, on puutavarat ja rakennusmateriaalit poistettava ja hävitettävä kaikilta alueilta, mihin sieni on levinnyt. Korjauksen yhteydessä on tärkeää purkaa ja tarkastaa rakenteita riittävän paljon, että kaikki vauriokohdat löydetään. Sieni etenee rihmastojänteidensä avulla pitkiä matkoja erilaisten rakennusmateriaalien pinnoilla sekä niiden läpi, joten tällaisia yhteyksiä on seurattava huolellisesti. /10/

Jos lahovaurion aiheuttaja on joku muu kuin lattiasieni, rakenteen kuivattaminen ja kuivana pitäminen riittävät pysäyttämään lahoamisen. Aina on kuitenkin selvi-

tettävä, mistä vaurion aiheuttanut kosteus on peräisin, että pystytään estämään vaurion uusiminen. Katto- sekä vesijohtovuodot on korjattava mahdollisimman nopeasti, jottei kosteus leviä hitaasti kuivuviin sisäosiin. /10/

Lahovaurioita on yleisesti myös rakennuksen ulkopuolisissa osissa, kuten ikkunoissa, ulko-ovissa, räystäärakenteissa ja ulkoseinien alaosissa. Näiden vaurioiden syntymisen syynä on yleensä sadevesi. Sadeveden vaikutusta ulkopuolisiin puuksiin voidaan huomattavasti vähentää rakenteiden oikealla suunnittelulla ja muotoilulla. Riittävän pitkät räystäät, oikein asennetut vesikourut sekä syöksytorvet suojaavat rakennusta lahovaurioilta. /10/

Kosteissa sisätiloissa kuten keittiöiden, pesuhuoneiden ja saunojen seinissä ja lattioissa lahovauriot johtuvat yleensä puutteellisesta tai väärin asennetusta höyrysulusta sekä riittämättömästä ilmanvaihdosta. Puutteellinen tuuletus yleensä johtaa ullakkotilojen lahovaurioihin. Vuotavat katot sekä lämpö- ja vesijohtoverkostojen vuodot aiheuttavat myös lahovaurioita. Höyrynsulkua asennettaessa on oltava huolellinen ja varmistettava sen oikea asentaminen. /10/

### **3.9 Teräsrakenteiden vauriot**

Teräksen sekä muiden metallien turmeltuminen on pääosin seurausta korroosioilmiöistä. Muita rakennusten teräsosien vaurioita ovat pellitysten kolhut.

Tavallisia metallien korroosio-ongelmia ovat mm. teräskaitteiden ja julkisivujen pellitysten kiinnikkeiden korroosio, betoniraidoitteiden korroosio, ulkopuolisten teräsrakenteiden esim. kaiteiden, tikkaiden ja kiinnikkeiden korroosio, ulkoseinien eristehalkaisussa ja lämmöneristeissä olevien metalliosien, -putkien ja -rakenteiden korroosio sekä putkistojen sisä- ja ulkopuolinen korroosio. /2/

Teräsrakenteissa esiintyy pääosin vain syöpymisvaurioita ja tulipalon seurauksena syntyviä vaurioita. Teräsrakenne, joka on jatkuvasti suojattomana suomalaisessa ilmastossa, syöpyy helposti niin, ettei se täytä enää kaikilta osiltaan alkuperäisiä suunnitteluvaatimuksia. Syöpyminen tapahtuu sitä nopeampaa, mitä epäpuhtaampaa ilma on. Maaseutu-, kaupunki- ja meri-ilmastossa on huomattavia eroja. Myös teräsosien sijainnilla koko rakenteen sisällä on huomattava merkitys. /2/

### 3.10 Teräsrakenteiden vaurioiden estäminen

Teräsrakenteiden vaurioista yleisin on korroosio. Korroosiota voidaan estää mm. valitsemalla materiaali ympäristön ja rakenteiden mukaan, vaikuttamalla ympäristöolosuhteisiin, kuten kosteuteen, suoloihin, lämpötilaan ja veden pH:n. Rakenteet tulisi muotoilla niin, että korroosiota kiihdyttävät tekijät vähenevät ja rakenteet tulisi myös suojata metallisilla ja orgaanisilla pinnoitteilla. Jaloudeltaan erilaisten metallien liitoksia tulisi myös välttää. /2/

Korjaus- ja vahvistustoimenpiteissä on tarkastettava koko rakenne, sillä yleensä esim. ristikossa yhden sauvan vaurioituminen johtaa täydelliseen sortumiseen. Syöpynytkin rakenne kestää suunnittelukuormat, mutta mm. korroosionsuojausmaalauksella pystytään estämään lisävaurioituminen. Vahvistaminen onnistuu tarvittaessa samalla tavalla kuin alkuperäinen rakenne on tehty. /2/

## 4 ÄYSTÖN KOULU

Äystön koulu (kuva 1) sijaitsee Teuvalla, Äystön kylässä, osoitteessa Lehtimäentie 18, noin 10 km päässä Teuvan keskustasta Kauhajoelle päin. Koulu on rakennettu vuonna 1951 ja peruskorjattu vuonna 1985. Koulussa opiskelee 56 oppilasta, jotka käyvät vuosiluokkia 1-6. Oppilaita kouluun tulee myös Kauhajoen puolelta. Koulussa on kolme opetusryhmää; 1-2 luokka, 3-4 luokka ja 5-6 luokka. Koulussa työskentelee kolme vakituista luokanopettajaa. Lisäksi koulussa työskentelee 2 koulunkäyntiavustajaa, keittäjä ja laitoshuoltaja. Kouluajan lisäksi koulussa koontuu iltapäivisin sekä iltaisin kerhoja ja harrasteryhmiä. /12/



**Kuva 1.** Äystön koulu.

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Aloitin rakennuksen tutkimisen haastattelemalla henkilökuntaa. Tutkimusmenetelmänä käytin silmämääräistä tarkastelua, jonka avulla yritin löytää kohteen pahimmat vauriot eri osa-alueilta. Tarkastelun pohjalta valitsin alueet, jotka vaativat lisätutkimuksia. Lisätutkimuksissa käytin apuvälineinä lämpökameraa Flir ThermaCam 695, paine-eromittaria TSI DP-calc-8710 ja kosteusmittareina Gann Hydromette RTU 600 sekä Vaisalaa. Näiden tutkimusmenetelmien avulla pystyin etsimään rakennuksen pahimmat vauriokohdat.

### 5.1 Lämpökamerakuvaus rakennuksessa

Lämpökuvausta pystytään käyttämään vanhojen olemassa olevien rakennusten kunnan arvioinnissa. Tietoa rakennuksen kunnosta halutaan saada, kun ollaan suunnittelemassa peruskorjausta tai halutaan saada selville rakenteiden ja talotekniikan kunnostustarvetta. Lämpökuvaus soveltuu hyvin ennakoivaan kunnossapitoon ja se on ainoa tutkimusmenetelmä, jolla pystytään riittävän tarkasti ja nopeasti määrittämään rakennuksen vaipan lämpötekniinen kunto. /3/

Tutkimuksissa on huomioitava, että rakenteet eivät koskaan ole tasalämpöisiä, joten kaikki havaitut pintalämpötilojen epäsäännöllisyydet eivät merkitse, että rakenteissa olisi puutteita tai virheitä. Lämpökuvauksen tarkoitus on varmistaa rakenteen laatu ja paikantaa mahdolliset viat. /3/

Kun rakennuksessa suoritetaan lämpökameramittausta sisäpuolelta päin, on tyyppisimpiä ilmavuotopaikkoja useita. Näitä ovat mm. ikkunat ja ovet sekä niiden liittymät rakenteisiin, seinän ja lattian rajakohdat, pistorasiat ja muut rei'itykset ulkoseinissä, katon ja seinien rajakohdat sekä katon lävistykset, kuten valaisimet ja hormit. /3/

### 5.2 Mitä lämpökamerakuvauksella saadaan selvitettyä rakennuksesta?

Lämpökameralla pystytään selvittämään rakennuksesta mm. asumisviihtyvyyttä, rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä, rakenteiden fysikaalista toimintaa, tietyin edellytyksin kosteusvaurioita, homevaurioita sekä talotekniikan vikoja ja puutteita.

ta. Rakennuksen lämpökuvaus sisältää rakennuksen ulkovaipan lämpökuvauksen, jolla pyritään etsimään ulkovaipan puutteet ja viat, esimerkiksi vaipan ilmavuodot ja kylmäsilat. Poikkeamat rakenteissa esitetään lämpökuvina ja visuaalisina kuvinä, jonka jälkeen ongelmapaikat merkitään pohjapiirustuksiin. /3/

Lämpökuvauksen tulisi olla yhteisesti sovittu menetelmä rakentamisen laadun toteuttamiseen. Korjausrakentamisen tavoitteena on saavuttaa terveellinen sekä laadukas rakentaminen. Terveelliseen ja laadukkaaseen rakentamisen tasoon pääsemiseksi tarvitaan kattava ja riittävän yksiselitteinen ohjeisto varmistamaan rakennuksen laatu. Lämpökuvaus on nopea, halpa ja ainetta rikkomaton tapa todeta rakennuksen lämpötekniinen toimivuus. /3/

Rakenteiden lämmöneristeiden toimivuuden, laadun ja ilmanpitävyyden selvittämiseksi tehdään lämpökamerakuvaus. Korjausrakentamisen kasvaessa on tullut entistä tärkeämmäksi tutkia rakennusten lämpövihiytyvyyttä ja rakenteiden kuntoa. /3/

### 5.3 Lämpökamera

Suomessa käytössä olevista kameroista yleisin on Flir ThermaCam 695 -kamera (kuva 2). Tärkeimpiä kuvaustulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat kuvattavien pintojen kyky lähettää lämpösäteilyä, kuvauskulma sekä sää- ja ilmaolosuhteet ennen mittauksia ja mittaushetkellä. /3/



**Kuva 2.** Flir ThermaCam 695 -lämpökamera. /9/

Rakentamisen laatua ja rakenteiden toimintaa pystytään varmentamaan käyttämällä eri mittausmenetelmiä. Lämpökuvaus on puolueeton ja tarkka mittausmenetelmä, jolla voidaan nopeasti rakenteita rikkomatta arvioida lämpövuotokohdat ja havaita, onko kyseessä heikko eristys, kylmäsilta, ilmavuoto tai joissain tapauksissa kosteusvaurio. /3/

#### 5.4 Kosteusmittaus rakennuksessa

Kosteuden mittaaminen rakenteista edellyttää, että on tiedettävä kosteuden esiintymis- ja siirtymistavat rakenteissa. On myös hyvä tuntea rakennuksen lämpötekniistä toimintaa, sillä lämpötilaerot pyrkivät tasaantumaan rakennuksessa ilmavirtojen avulla, jotka puolestaan kuljettavat kosteutta. Rakennuksen kosteusmittaus kertoo, onko rakennuksessa kosteus- ja homevaurioita, ja jos on, kuinka laajoja ne ovat. Kosteusmittauksen avulla pyritään paikantamaan vauriokohdat ja tutkimaan tarkemmin kosteusvaurioiden aiheuttajat.

Rakennuksen merkittävimmät käytön aikaiset ulkopuoliset kosteuslähteet ovat pintavedet, pohjavesi, kattovedet, viistosade sekä pakkaslumi. Rakennuksen merkittävimmät käytön aikaiset sisäpuoliset kosteuslähteet ovat puutteet rakennuksen tuuletuksessa, rakennuskosteus, sisäilman kosteuden tiivistyminen, pesutilat sekä putkivuodot. /4/

#### 5.5 Kosteusmittari Gann Hydromette

Pintakosteusmittari Gann Hydromette RTU 600 (kuva 3) on yhdistelmämittari digitaalinäytöllä, jolla voidaan mitata rakenne- ja ilmankosteutta. Pintakosteusmittarin toiminta perustuu puun kosteutta mitattaessa sähköisen vastuksen mittaukseen mittaussiikkien välillä.



**Kuva 3.** Gann Hydromette RTU 600 kosteusmittari. /7/



Mittauspiikeistä eli juntta-anturista löytyy lisää tietoa kappaleessa 5.5.2. Mitattaessa pintakosteusmittarilla muita kosteuksia ja lämpötiloja, perustuu mittaus kunkin anturin toimintaperiaatteeseen, esimerkiksi aktiivielektrodi B 50, josta löytyy tietoa kappaleesta 5.5.1. /5/

### **5.5.1 Kosteusanturi aktiivielektrodi B50**

Aktiivielektrodi B50 muodostaa sähköisen kentän jopa 100 mm syvyyteen rakenteen sisään. Liikuttamalla anturia rakenteen pinnalla saadaan selville rakenteen kosteuserot. Anturilla voidaan kartoittaa kosteudet myös laattojen, muovimattojen ja parkettien läpi. Eri materiaalien, esimerkiksi laattojen ja betonialapohjan, tulee olla kiinni toisissaan, jotta saadaan mahdollisimman luotettava mittaustulos. /7/

Palloelettrodi asennetaan mitattavan materiaalin pinnalle ja se muodostaa sähköisen kentän, johon vaikuttavat aineen tiheys ja kosteuspitoisuus. Jos materiaalin tiheys on tasainen, mutta kosteus vaihtelee, rekisteröi mittari sen välittömästi. Mittausten vertailuarvot vaihtelevat välillä 0–199. Kun mittauksia suoritetaan samoille materiaalien pinnoille samoissa olosuhteissa, mahdolliset muutokset tuloksissa viittaavat rakennekosteuteen. Mitä suurempi on mittarin lukema, sitä suurempi on kosteuspitoisuus. Tällä menetelmällä on helppo paikallistaa kosteuden jakaantuminen ja keskittyminen seinissä, lattioissa ja katoissa. /5/

### **5.5.2 Juntta-anturi M18**

M18-juntta-anturi on tarkoitettu syvältä puun sisältä tapahtuvaan kosteuden mittaukseen. Anturit muodostavat kaksi piikkiä, jotka isketään puuhun kiinni. Piikit saadaan lyötyä nopeasti puun sisään ja puusta irti mittauksen jälkeen. Anturiin voidaan liittää tefloneristeiset mittauspiikit, jotka mittaavat kosteutta vain kärjellä. Jotta saadaan selville puun oikea kosteus, on piikit iskettävä puun paksuuden mukaan puoleen väliin puuta. Juntta-anturilla saadut tulokset ovat painoprosentteja. /7/

## 5.6 Kosteusmittari Vaisala HM44

Rakenteiden kosteusmittari Vaisala HM44 (kuva 4) on mittalaite, joka mittaa ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa esimerkiksi betonin sisältä. Mittaustekniikka on kehitetty rakenteiden kosteusmittaukseen ja kaikki mahdolliset virhetehtävät on pyritty poistamaan mahdollisimman tehokkaasti. /6/

### 5.6.1 Vaisala HMI41- näyttölaite

Vaisala HMI41 -näyttölaitteen avulla saadaan selville materiaalien suhteellinen kosteus, lämpötila, absoluuttinen kosteus ja kastepiste. Suhteellinen kosteus tarkoittaa materiaalihuokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Ilman suhteellinen kosteus ilmoittaa vesihöyryn määrän prosentteina kyseisessä lämpötilassa, ilman sitoman vesihöyryn maksimimäärästä. Toisin sanottuna RH eli suhteellinen kosteus kertoo kuinka paljon kosteutta rakenteissa on siihen nähden, kuinka paljon sinne kosteutta sopii.

Absoluuttinen kosteus kertoo ilmassa tietyssä tilanteessa, lämpötilassa olevan vesimäärän. Esimerkiksi, kuinka monta grammaa vettä on kuutiossa ilman tietyssä lämpötilassa. Kastepiste taas on lämpötila, jossa ilmassa oleva vesihöyry muuttuu vedeksi eli kondensoituu. Toisin sanottuna kosteus saavuttaa kyllästyskosteuden.



**Kuva 4.** Vaisala -näyttölaite ja mittapää.

### 5.6.2 Mittapäät HMP44 ja HMP42

HMP44-mittapäällä suhteellista kosteutta voidaan mitata luotettavasti ja tarkasti esimerkiksi betonista. Koska HMP44-mittapää mittaa betonin sisäistä kosteutta, ovat saadut lukemat huomattavasti todenmukaisempia kuin pintakosteusmittarilla saadut lukemat. Mittapään asennus ja tulosten mittaaminen ovat helppoja. Mittapäälle porataan halkaisijaltaan 16 mm:n reikä, joka puhdistetaan pölynimurilla ylimääräisestä liasta ja pölystä. Tämän jälkeen muovinen asennusholkki asennetaan reikään. On syytä varmistaa, että asennusholkki ja mittapää eivät ole kylmempiä kuin betoni, sillä muuten mittapäähän voi tiivistyä kosteutta ja mittaustulokset vääristyvät epäluotettaviksi. Luotettavimmat mittaustulokset saadaan silloin, kun laatasta mitataan kosteutta muutamasta eri kohdasta, sillä betoni saattaa kuivua eri kohdista eri tavalla. Mittapäiden on annettava olla betonin sisällä kaksi vuorokautta, jotta poratun reiän kosteus saavuttaa tasapainon betonin kosteuden kanssa. /6/

Mittapäällä HMP42 saadaan selville mittausräissä olevan ilman lämpötila, suhteellinen kosteus, absoluuttinen kosteus sekä kastepiste. Mittapäät kertovat mittaustuloksissa olevan huoneilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, absoluuttisen kosteuden ja kastepisteen.

## 6 ÄYSTÖN KOULUN KUNTOTUTKIMUS

Tutkimuksessa olen jakanut koulun kahteen osaan: vanha osa käsittää vuonna 1951 rakennetun osan ja laajennusosa käsittää vuonna 1985 rakennetun laajennusosan. Liitteessä 1 (s.8) näkee, mikä osa rakennuksesta on laajennusosaa ja mikä vanhaa osaa. Kuntotutkimus suoritettiin pääsääntöisesti rakenteita rikkomatta. Ainoastaan kosteusmittauksia varten porasin alapohjaan reikiä.

### 6.1 Perustukset

Koulurakennuksen vanhan osan perustus, joka on rakennettu vuonna 1951, on tehty teräsbetonianturoista ja teräbetonilla valetusta perusmuurista (kuva 5). Rakennuksessa on kellariperustus, eli kyseessä on maanpaineseinä. Vanhan osan kivijalka on maalattu vuonna 1998, ja siihen nähden kivijalka on hilseillyt pahasti. Kivijalan hilseily on seurausta maasta nousevasta kosteudesta, joka irrottaa maalin tiiviin pinnan irti betonista. Perusmuurilevyt puuttuvat kokonaan vanhan osan perustusten ympäriltä. Perusmuurilevyillä pystyisi estämään kosteuden pääsyn rakenteisiin.



**Kuva 5.** Koulun vanhan osan perusmuuri.

Laajennusosassa, joka on rakennettu vuonna 1985, on teräsbetoninen maanvarainen laatta. Perusmuurilevyt puuttuvat myös laajennusosan sokkelin ympäriltä (kuva 6). Laajennusosan kivijalka on maalattu myös vuonna 1998 ja on siihen nähden hilseillyt pahasti. Salaojitus on uusittu noin 7 vuotta sitten vanhan osan eteläseinälle. Salaojitus on uusittu, koska keväällä lumien sulamisvedet tulvivat kellariin. Salaojitusta on aikanaan rakennettu koko koulun ympärille, mutta salaojat ovat liian korkealla verrattuna kellarin tiloihin. Tämän takia vesi on päässyt tulvimaan kellariin. Koulun vanhan osan pohjoisseinällä sekä laajennusosan länsiseinällä ei ole tehty sadevesiviemärointiä, jonka seurauksena vesi pääsee virtaamaan asfalttipihassa aiheuttaen veden imeytymistä perusmuuriin.



**Kuva 6.** Laajennusosan perusmuuri.

## **6.2 Rakennuksen alapohja**

Koulurakennuksen alapohja on teräsbetonirunkoinen laatta sekä vanhassa että uudessa osassa. Rakenneleikkauksuvasta (liite 1, s. 5–6) saa käsityksen alapohjan



materiaaleista. Alapohjaa tutkin kosteusmittareilla ja tulokset ovat tarkasteltavissa kohdassa rakennuksen kosteusmittaukset sekä liitteessä 3 sivuilla 4–9. Suurimmat vauriot löytyivät vanhan osan kellarikerroksesta. Myös muutamassa paikassa laajennusosaa oli korkeita lukemia, jotka saattavat olla seurausta salaojitusjärjestelmän puutteellisuudesta.

### 6.3 Rakennuksen runko

Vanhassa osassa koulurakennusta on kantavana rakenteena puurunko ja osassa koulua teräpilarit (kuva 7). Alempi välipohja on osaksi holvilaatta ja osaksi puurunkoista välipohjaa. Ylempi välipohja ja yläpohja ovat puurakenteiset. Rakenneleikkauskuvasta (liite 1, s. 5–6) näkee kantavaan runkoon käytetyt rakennusmateriaalit. Koulurakennuksen pohjakuvia voi tarkastella liitteestä 1, sivuilta 2–4.



**Kuva 7.** Vanhan osan runkoa.

Koulun laajennusosassa on kantavana rakenteena tiilirunko ja teräsbetonipilarit. Yläpohja on puurakenteinen ja kantavina rakenteina yläpohjassa on käytetty liimapuupalkkeja (kuva 8).



**Kuva 8.** Laajennusosan runkoa.

## **6.4 Rakennuksen julkisivut**

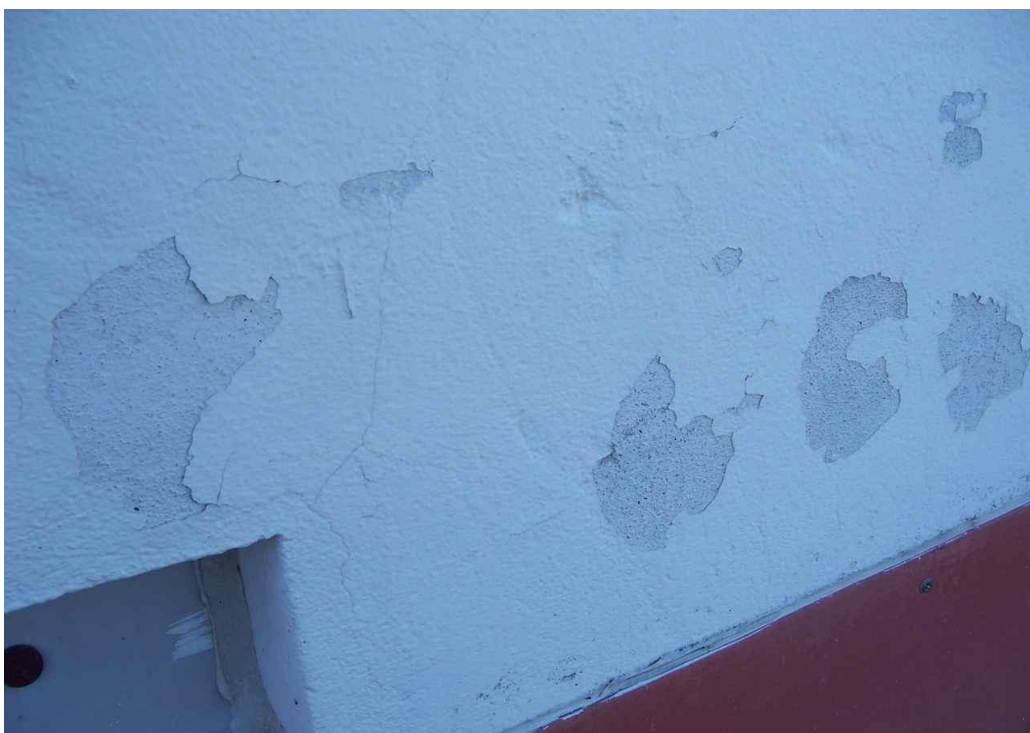
Julkisivuiksi työssäni luokitellaan ulkoseinät, ulko-ovet, ikkunat ja teräsosat, kuten palotikkaat. Julkisivuja tutkin käyttämällä silmämääräistä tutkimusmenetelmää sekä lämpökameraa. Rakennuksen julkisivukuvat löytyvät liitteestä 1, s. 7.

### **6.4.1 Ulkoseinät**

Vanhassa osassa koulua ulkoseinät on rapattu ja rappauksen alustana toimii puolenkiven muuraus. Rappaus on kärsinyt pahasti ulkoisten rasitusten takia (kuvat 9 ja 10). Rappauspinta on irtoillut ja lisäksi siihen on tullut paikoin halkeamia. Ikkunareunoista alkavat halkeamat ovat seurausta perustusten painumisesta. Halkeamia on yritetty paikata, mutta korjaukset eivät ole kovin onnistuneita. Ulkoseinät, räystäät, ikkunat ulkopuolelta ja ulko-ovet on maalattu 1998. Siihen nähden ulkoseinät ovat huonossa kunnossa ja ne olisi syytä maalata.



**Kuva 9.** Rappauspinnan murtumia koulun vanhassa osassa.



**Kuva 10.** Vanhan osan maalipinnan lohkeilua.



Koulun laajennusosassa on tiilijulkisivu. Tiilijulkisivu on pääosin hyvässä kunnossa, ainoastaan muutamassa kohdassa on havaittavissa tiilien lohkeilua ja murtumista (kuva 11). Tiilien lohkeilu on seurausta pakkasrapautumisesta.



**Kuva 11.** Laajennusosan tiilijulkisivu.

#### **6.4.2 Ulko-ovet**

Pääsisäänkäynnin ulko-ovet ovat teräsrunkoisia ja pääosin kokonaan lasia (kuva 12). Lämpökuvauksen yhteydessä huomattiin niiden selkeästi vuotavan (liite 2, s. 9,10 ja 18). Syyksi pahaan vuotoon havaittiin tiivisteiden puuttuvan ovista kokonaan, joten oviin olisi syytä laittaa tiivisteet lämpöhukan pienentämiseksi ja energian säästämiseksi.



**Kuva 12.** Teräsrunkoinen ulko-ovi.

Keittiön ulko-ovi on puurunkoinen (kuva 13) ja hyvässä kunnossa. Ovessa ei havaittu vikaa silmämääräisellä tutkimisella.



**Kuva 13.** Keittiön puurunkoinen ulko-ovi.

Kellariin menevä puu-ulko-ovi vuotaa pahasti ovenpielen ja karmien välistä. Tämä havaittiin lämpökamerakuvauksen yhteydessä (liite 2, s. 12). Ovi on alkupe-  
räinen ja ajan myötä se on kiertynyt sekä paisunut. Ovi (kuva 14) sijaitsee käytä-  
vällä, mutta se olisi syytä tiivistää tai uusia kokonaan suuren lämpöhäviön takia.  
Kellarin kerhotilassa oleva puuovi (liite 2, s. 15-16) vuotaa pahasti rungon ja oven  
liitoksesta. Tästä on seurauksena suuri lämpöhukka ja vuoto on haitaksi myös las-  
ten terveydelle. Ovi olisi syytä uusia.



**Kuva 14.** Kellariin menevän käytävän ulko-ovi.

### 6.4.3 Ikkunat

Koko rakennuksessa on puuikkunat ja ne ovat pääosin kolminkertaisia lämpöikkunoita (kuva 15). Luokkahuoneiden ikkunoissa ei havaittavissa mitään vikaa lämpökamerakuvauksen yhteydessä. Ainoastaan kellaritiloissa on kaksinkertaisia ikkunoita (kuva 16), jotka ovat alkuperäisiä. Näistä ikkunoista löydettiin lämpökamerakuvauksessa pahoja vuotokohtia (liite 2, s. 13–14).



**Kuva 15.** Kolminkertainen lämpöikkuna.

Laajennusosassa muutamat ikkunat vuotavat rungon ja ikkunan liitoskohdasta, joka selvisi lämpökamerakuvauksen yhteydessä (liite 2, s. 17 ja 20). Ikkunan ja rungon välinen sauma on syytä tiivistää nykyistä paremmin esimerkiksi uretaanivaahdolla. On myös huomioitava sellainen seikka, että vanhan osan ikkunat olivat kaikki lähes moitteettomassa kunnossa, mutta laajennusosan ikkunapuitteiden ja rungon välissä oli huomattavissa selvää lämpövuotoa.



**Kuva 16.** Kaksinkertainen kellaritilojen ikkuna.

## 6.5 Rakennuksen vesikatto

Rakennuksen vanhassa osassa on tiilikatto, jonka pohjoisen puoleinen lape (kuva 17) on huonossa kunnossa. Pohjoisen puoleisella lappeella tiilet ovat pahasti rapautuneet (kuva 18) ja osittain rikkoutuneet, mutta rikkoutuminen on seurausta mekaanisesta kulumisesta. Tämän seurauksena katto on vuotanut ullakkotiloihin, ja kattoristikoiden puuosat ovat sinistyneet (kuva 19). Räystäslaudat ovat vihertäviä, sammaloituneita ja päässeet irti kiinnikkeistään (kuva 20). Katosta puuttuu kokonaan myös aluskate. Huomioitava seikka on myös rakennuksen katolle johtavat talotikkaat, jotka ovat pahasti ruostuneet, eivätkä ole enää tiukasti kiinni rakenteissa.

Tiilikatto kestää keskimäärin noin 50 vuotta ilman, että sille tarvitsee tehdä muita toimenpiteitä kuin tavallista kunnossapitoa. Katon kuntoon ovat ajan myötä vaikuttaneet huomattavasti ilmansaasteet ja ilmastonmuutos. Ilman typpipitoisuuden kasvu lisää sammalen kasvua. Tiilipinnat joutuvat kovalle, kun sammal ottaa niissä vallan, koska sammal imee itseensä ja juuristoonsa tiilestä vettä. Kapillaari-ilmiön aiheuttama paine vaurioittaa rakenteita. Sammal myös niin sanotusti syö tiilen sisältämän kalkin ja heikentää näin tiilen kestävyyttä. Äystön koulun huokoisessa kivi- ja sementtirakenteessa tapahtuu tiilen yleisintä turmeltumisilmiötä eli pakkasrapautumista. Kun vesi jäätyy tiilen sisällä, se laajenee ja rapauttaa näin tiiltä.



**Kuva 17.** Sammaleinen tiilikatto.





**Kuva 18.** Rapautunut tiilikatto, johon on kulutuksen seurauksena syntynyt reikä.



**Kuva 19.** Ullakkotilan puuosat ovat osittain pahasti sinistyneet ja homehtuneet.



**Kuva 20.** Vanhan osan räystäslaudat irronneet liitoksistaan.

Laajennusosassa on peltikatto (kuva 21), joka on suurimmaksi osaksi hyvässä kunnossa. Ainoastaan räystäskourut ovat osittain päässeet irti liitoksistaan ja räystäävät ovat vihertäviä ja sammaleisia.



**Kuva 21.** Laajennusosan peltikatto.

## **6.6 Täydentävät rakenteet**

Täydentäviksi rakenteiksi työssäni luokittelen sisä-ovet sekä alakatot. Sisä-ovia sekä alakattoja tutkin käyttäen silmämääräistä tutkimusta.

### **6.6.1 Sisäovet**

Sisä-ovet ovat lähes kaikki puurunkoisia vanerilevyovia. Muutaman oven reunoista on lohkeillut vanerinpaloja (kuva 22), mutta pääsääntöisesti sisäovet ovat siistissä kunnossa.



**Kuva 22.** Puurunkoinen vanerilevyinen sisäovi.

### 6.6.2 Alakatot

Uuden osan alaslasketuissa katoissa (kuva 23) on huomattavissa selviä kosteusjälkiä, jotka ovat seurausta vuotaneista putkista. Alaslaskettujen kattojen päällä olevat kupariputket on eristetty todella huonosti, sillä putket näkyvät. Tästä seuraa ilman kosteuden tiivistymistä kylmään putkipintaan, jonka seurauksena alaslaske-tuihin kattoihin on tullut selviä jälkiä kosteudesta. Myös Äystön veden alhainen pH syövyttää putkia ja aiheuttaa näin kupariputkien vuotamista. Muuten uudessa osassa olevat alakatot ovat hyvässä kunnossa.



**Kuva 23.** Alaslaskettu katto.

Vanhassa osassa alakatot ovat puisia ja luokkahuoneiden katoissa on ääneneristyslevyjä (kuva 24), joissa ei näy silmämääräisesti tarkasteltuna vaurioita kosteudesta. Jos rakenteisiin olisi päässyt kosteutta, se näkyisi selvästi ääneneristyslevyjen pinnalla.



**Kuva 24.** Luokkahuoneen alakaton ääneneristyslevyjä.

## 6.7 Tilojen pintarakenteet

Rakennuksen pintarakenteiksi luokitellaan lattia- ja seinäpinnat. Tiili- ja betoniseinien pinnasta pystyin tutkimaan kosteuden pintakosteusmittarilla, mutta muuten käytin silmämääräistä tutkimusta.

### 6.7.1 Lattiapinnat

Luokkahuoneissa on käytetty vinyylilaattaa (kuva 25), joka on päällepäin hyvässä kunnossa. Jälkiä kulumisesta ei ole havaittavissa.



**Kuva 25.** Luokkahuoneen vinyylilaatta.

Uuden osan eteisessä (kuva 26), terveydenhoitajantiloissa, pukuhuoneissa ja keittiössä lattia on muovimattoa. Tilojen lattiapinnoissa ei ole huomautettavaa.



**Kuva 26.** Eteisen lattian muovimatto.



Puu- ja metallityöluokan betonilattia (kuva 27) on maalattu. Maali on paikoin kulunut ja näyttää epäsiistiltä.



**Kuva 27.** Puu- ja metalliluokan betoni lattia.

Liikuntatilan lattia (kuva 28) on lakattua puuta, eikä sen kunnossa ole vikaa. Jälkiä kulumisesta ei ole havaittavissa.



**Kuva 28.** Liikuntatilan puulattia.

Kellaritilojen lattiat (kuva 29) ovat laatoitettuja ja pintapuolisin hyvässä kunnossa. Mutta sisältäpäin lattiaa tutkittuani ja suoritettuani kosteusmittauksia selvisi, että lattiat ovat todella kosteat ja vaativat uusimista.



**Kuva 29.** Kellarin lattiapinta.

### 6.7.2 Seinäpinnat

Vanhassa osassa seinäpinnat ovat maalattuja lastulevyseiniä (kuva 30), joissa huomaa paikoin kulumista lastulevyjen saumakohdissa. Pääsääntöisesti lastulevyseinät ovat kuitenkin hyvässä kunnossa.



**Kuva 30.** Lastulevyseinän kulumajälkiä.

Laajennusosassa seinäpinnat ovat kokonaan maalattua tiiltä. Tiiliseinissä on paikoin selkeitä halkeamia (kuva 31). Halkeamat ovat seurausta rakenteiden painumisesta. Halkeamakohtat olisi syytä paikata ja maalata uudestaan, sillä ne näyttävät epäsiisteiltä.



**Kuva 31.** Tiiliseinän saumojen halkeamia laajennusosan eteisessä.

## 6.8 LVI

Koulurakennuksen lämmitys toimii öljyllä, eikä sen toiminnassa ole huomattu ongelmia. Tästä kertoo se, että lämpöä on riittänyt rakennuksessa, vaikka on ollut todella kylmä talvi. Kunta seuraa myös öljyn kulutusta, eikä siinä ole havaittu suuria muutoksia. Ainoastaan vesiputket ovat osittain vanhoja, rakenteiden sisään rakennettuja kupariputkia, joita vesi syövyttää. Tämä johtuu Äystön veden alhaisesta pH lukemasta, joka on 5. Putkien syöpymistä on pyritty estämään laittamalla putkiin pH:ta nostavaa ainetta. Putkien syöpyminen on silti ongelma. Rakenteiden sisään asennetut putket olisi syytä uusita pintavedoilla, jotta vastaisuudessa putkivuodot huomattaisiin ajoissa, eikä kosteus ehtisi kulkeutua rakenteisiin.

Koulurakennuksessa on koneellinen ilmastointi. Ilmastointihuone ja -koneet on sijoitettu yläpohjan päälle ullakkotiloihin. Ilmastointijärjestelmään on asennettu paineenkorotuspumppu, koska sitä tarvitaan, kun keskuslämmitysverkostoon lisätään vettä. Sillä vesi ei omalla paineella pysty nousemaan IV-koneen kennolle saakka. Voidaan sanoa, että ilmastointi on sidoksissa vedenpaineeseen.

## 7 LÄMPÖKAMERAKUVAT

Suoritin lämpökameramittauksen 9.3.2011 Äystön koululla yhdessä laboratorioinsinööri Mika Korven kanssa. Lämpökameran sekä paine-eromittarin sain käyttööni Vaasan Technobotnian laboratoriosta. Otimme samalla paine-eromittarilla sisä- ja ulkoilman paine-erot, sillä niiden avulla pystyy paremmin analysoimaan kuvia. Kuvat sekä niiden analysoiminen löytyvät liitteestä 2. Pohjakuviin (liite 2, s. 2–4) olen merkinnyt kohdat, joista kuvia on rakennuksessa otettu.

### 7.1 Korjaustarpeen määrittäminen

Vaikka kyseessä on koulurakennus, käytin lämpökuvien analysoinnissa asuin- ja oleskelutiloihin soveltuvia lämpötilaindekskejä. Lämpötilaindeksien avulla pystyin vertaamaan kuvauskohdan korjaustarvetta tässä kohteessa. On tärkeä huomioda, ettei rakennuksessa oleskella niin kuin asuin- ja oleskelutiloissa ja siksi korjaustarve ei välttämättä ole yhtä tarpeellinen kuin asuintiloissa.

Lämpötilaindeksin avulla voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Vaipan pintalämpötiloja voidaan arvioida ja verrata toisiinsa lämpötilaindeksiä käyttämällä, kun lämpötilojen mittauksia ei voida tehdä vakioolosuhteissa. Vakio-olosuhteet tarkoittavat tässä tapauksessa + 20 °C ... (+2 °C) sisälämpötilassa. Lämpötilaindeksi /13/ annetaan prosentoin tarkkuudella ja se määritetään kaavalla:

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) * 100 \%, \text{ missä} \quad (1)$$

TI = lämpötilaindeksi, [%]

$T_{sp}$  = sisäpinnan lämpötila, [°C]

$T_i$  = sisäilman lämpötila, [°C]

$T_o$  = ulkoilman lämpötila, [°C]

Lämpötilaindeksin ollessa < 61 %, ei pinnan lämpötila täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Tämä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa, joten kohde on korjattava. Lämpötilaindeksin ollessa 61–65 %, se täyttää

asumisterveysohjeen välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa eli korjaustarve on harkittava erikseen. Lämpötilaindeksin ollessa  $> 65 \%$ , pinnan lämpötila täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta tilan käyttötarkoitus huomioiden siinä piilee kosteus- ja lämpötekniisen toiminnan riski. Tällöin on syytä tarkistaa rakennuksen kosteustekninen toiminta tai tehdä lisätutkimuksia. Lämpötilaindeksin ollessa  $> 70 \%$ , pinnan lämpötila täyttää hyvän tason vaatimukset, eikä kohteelle ole tarvetta tehdä korjaustoimenpiteitä. /13/

## **7.2 Lämpökuvien analysointi**

Kuvausajankohtana ulkolämpötila oli  $+ 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , tuuli 8 m/s, ilmanpaine oli 997 Pascalia ja sää oli aurinkoinen. Nämä ulkoiset tekijät vaikuttavat huomattavasti lämpökuvien tuloksiin, joten täytyy huomioida, että kuvien tulokset ovat suuntaa antavia. Lämpökamerakuvausten yhteydessä on mitattava kuvattavan rakennuksen sisä- ja ulkoilman ilmanpaine-ero. Jos sisä- ja ulkoilman paineet olisivat täysin samat, ei lämpövuotoja pystyittäisi havaitsemaan. Tämän takia myös paine-erot on kirjattava.

### **7.2.1 Koulun ensimmäinen kerros**

Paine-ero koulun ensimmäisen kerroksen laajennusosassa oli 0 ... 1 Pascalia ja lämpötila  $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Liikuntatilassa (liite 2, s. 5) pahin vuotokohta oli ulkoseinässä oleva pistorasian höyrynsulun huono tiivistäminen. Liikuntatilassa myös seinän ja lattian rajapinnassa on huomattavissa pientä lämpövuotoa (liite 2, s. 6) ja tuuletusikkunan tiivisteet vuotavat (liite 2, s. 7). Liikuntatilan lämpövuotokohdille ei kuitenkaan ole välttämätöntä tehdä korjaustoimenpiteitä.

Laajennusosan suurin lämpövuoto tuli ulko-ovista (liite 2, s. 9, 10 ja 18), sillä niihin ei ole asennettu ollenkaan tiivisteitä. Myös laajennusosan länsiseinällä (liite 2, s. 8, 19 ja 21) oli huomattavissa laatan ja sokkelin liitoskohdassa pientä lämpövuotoa. Laatan ja sokkelin liitoskohtaa ei ole saatu riittävän tiiviiksi, ja koska juuri tämän seinän ulkopuolelta puuttuu salaojitus, uskon sen aiheuttavan lämpövuotoa lattian ja seinän rajapintaan. Vuoto ei kuitenkaan ole niin suurta, että olisi syytä tehdä korjaustoimenpiteitä. Muun korjauksen yhteydessä korjaustoimenpiteitä oli-

si kuitenkin syytä harkita. Laajennusosan lääkärinhuoneen ikkunassa (liite 2, s. 20) ja wc:n ikkunassa (liite 2, s. 17) oli huomattavissa hieman lämpövuotoa. Vuoto ei ollut kummassakaan ikkunassa niin suurta, että olisi välttämätöntä tehdä korjaustoimenpiteitä.

Paine-ero koulun ensimmäisen kerroksen vanhassa osassa oli -1 ... (+2) Pascalia ja lämpötila 21 °C. Ainoat lämpövuodot vanhan osan ensimmäisessä kerroksessa olivat ulko-ovien puutteellinen tiivistys (liite 2, s. 10) ja siivouskomeron laatan ja sokkelin välistä puuttuva ilmansulku (liite 2, s. 11). Ainoat korjaustoimenpiteet olisi syytä tehdä ulko-oville, sillä ovista puuttuivat tiivisteet kokonaan.

Suurimmat lämpövuodot tulivat ulko-ovista. Myös laajennusosan sokkelin ja alapohjan liitoskohdista tulee huomattavaa lämpövuotoa rakennuksen länsiseinällä. Oli mielenkiintoista huomata, että koulurakennuksen laajennusosassa, joka on rakennettu noin 30 vuotta myöhemmin kuin vanha osa oli enemmän vuotokohtia kuin koulurakennuksen vanhassa osassa.

### **7.2.2 Koulun toinen kerros**

Toisessa kerroksessa sisäpuolella ei ollut havaittavissa lämpövuotoa, mutta kirjaimme kuitenkin paine-erot. Pohjoisen puoleisella seinällä paine-ero +2... (+5) Pascalia ja etelän puoleisella seinällä -5... (-5) Pascalia ja lämpötila oli + 23 °C. Rakennuksen eteläseinällä huomasin lämpövuotoa sähköjohtojen läpivientikohdassa (liite 3, s. 22). Läpivientikohtaa ei ole onnistuttu tiivistämään riittävän hyvin läpiviennin teko vaiheessa. Läpiviennin kohta olisi suositeltavaa tiivistää uretaanivaahdolla.

### **7.2.3 Kellari**

Kellarin lämpövuodot kohdistuivat ulko-oviin (liite 2, s. 12, 15 ja 16). Ovet ovat alkuperäisiä ja niihin olisi syytä uusia tiivisteet. Pahimmin vuotaa käytävän ovi, joka on hieman paisunut ja kiertynyt. Myös ikkunan lämpövuodot (liite 2, s. 13–14) olivat huomattavia. Ikkuna on alkuperäinen (kuva 16, s. 43) ja sen kunnosta huomaa, että se olisi syytä uusia.

## 8 KOSTEUSMITTAUKSET

Kosteusmittaukset pintakosteusmittarilla suoritin kahtena päivänä 14.3 ja 28.3 sekä rakennekosteusmittarilla 11.4 ja 13.4. Kosteusmittarit sain käyttööni Vaasan Technobotnian laboratoriosta. Kosteusmittaustulokset ja niiden analysointi löytyvät liitteestä 3. Pohjakuviin, jotka ovat liitteessä 3, sivulla 2–3, merkitsin kohdat, joista suoritin mittauksia. Pintakosteusmittausten kohdat, joista tuloksia kirjasin muistiin merkitsin pohjakuviin palloilla. Tutkin koko rakennuksen kiviaineiset materiaalit, mutta en nähnyt tarvetta merkata kaikkia mittaustuloksia ylös, sillä niissä ei ollut merkkejä kosteudesta. Rakennekosteusmittarilla tehdyt mittaukset merkitsin pohjakuviin numeroin.

Koulurakennuksen betonisen alapohjan sekä tiili- ja betoniseinien kosteusmittaukset suoritin käyttämällä Gann Hydromette RTU 600 -pintakosteusmittaria aktiivielektrodi B50 kanssa. Laite mittaa kosteutta kiviaineisista materiaaleista ja tulokset saadaan lukemina. Vesikaton kattoristikoiden tutkin Gann Hydromette laitteella yhdessä junta-anturi M18 kanssa. Pintakosteusmittari Gann Hydromette näyttää kosteuslukemat, jotka mitataan puusta junta-anturi M18 avulla. Puun kosteus saadaan laitteesta painoprosentteina. Lukemina sekä painoprosentteina saaduista tuloksista olen tehnyt taulukon, jotka löytyvät liitteestä 3, s. 4–5.

Koska pintakosteusmittari antaa vain viitteellisen kuvan rakennuksen kosteusvaurioista, käytin perusteellisempaa tutkimusmenetelmänä Vaisala HM44 -rakennekosteusmittaria. Vaisalaa varten porasin alapohjaan ja perusmuuriin reikiä. Rei'istä mittaamalla Vaisala HM44 -kosteusmittarilla sain selville rakenteiden suhteellisen kosteuden, lämpötilan, absoluuttisen kosteuden ja kastepisteen. Vaisala-mittaukset täytyi suorittaa kahtena päivänä 11.4 ja 13.4, sillä mittapäiden täytyy antaa tasaantua betonin sisällä kaksi vuorokautta. Ensimmäisenä päivänä tein reiät ja mittasin ilman suhteellisen kosteuden sekä lämpötilan. Vaisala mittapäiden annettiin tasaantua rei'issä kaksi vuorokautta, jonka jälkeen pystyimme tarkastelemaan mittapäiden keräämiä tietoja betonista. Vaisala HM44 varten tehdyt reiät merkitsin pohjakuviin (liite 3, s. 2–3) alleviivatuin numeroin.



## 8.1 Pintakosteusmittarin mittaustulosten raja-arvot

Pintakosteusmittaustulosten raja-arvoja käytetään arvioidessa kivirakenteissa olevaa kosteutta. Taulukossa 1. olevat lukemat ovat raja-arvoja, joten tämä on syytä huomioida arvioitaessa mittaustuloksia.

**Taulukko 1.** /5/

	Tiili asuintiloissa	Tiili kellaritiloissa	Betoni sisätiloissa
Kuiva	< 40	< 100	
Kostea	40-80	>100	> 100
Märkä	> 80	> 100	> 100

Mittarilukeman näyttäessä yli 130, on rakenteessa vettä tiheydestä riippumatta. Jos rakenteessa on sähköä johtavia metalleja, mittarin näyttö hypähtää vähintään 80:een, yleensä yli 110. Tämä seikka on otettava huomioon mittarilukemia arvioitaessa. Puusta mitattaessa kosteuksia, puu on kostea jos mittaustulos on yli 10 painoprosenttia. /5/

## 8.2 Pintakosteusmittaustulosten analysointi

Pahimmat kosteyslukemat tulivat kellaritiloista (liite 3, s. 4–5). Syynä tähän on kellariin noin seitsemän vuotta sitten noussut tulvavesi liian korkealle rakennetun salaojituksen takia. Kerhotilan lattia on silloin avattu ja kuivatettu, mutta käytävälle ja muille kellarin tiloille ei ole tehty mitään. Muita syitä kellarin kosteuteen ovat huono ja osittain koulun ympärille rakennettu salaojitusjärjestelmä, puuttuvat patolevyt sekä maanpinnan kallistukset. Koulun ympärille asennettu salaojitusjärjestelmä on liian korkealla verrattuna kellaritiloihin, jonka takia kellariin on pääsyt kosteutta. Myös perusmuurilevyjen asennus auttaisi, sillä ne estäisivät ulkopuolisen kosteuden pääsyn rakenteisiin. Näiden tekijöiden takia kellarin käytävän lukemat nousivat päälle 130, joista voimme päätellä rakenteissa olevan vettä. Kellarille olisi tehtävä toimenpiteitä mahdollisimman nopeasti, sillä kellarin kerhotila toimii koulun atk-luokkana.

Myös ullakkotilojen puuristikot ovat osittain pahasti sinistyneet (kuva 19, s. 47), mikä johtuu tiilikaton vaurioitumisesta. Tiilikatto olisi syytä uusida mahdollisimman nopeasti, ettei katolta pääse valumaan enempää vettä rakenteisiin.

### **8.3 Rakenteiden kosteusmittaustulosten analysointi**

Rakennusmateriaaleille on tyypillistä, että kosteampi materiaali luovuttaa ylimääräistä kosteutta kuivemmalle materiaalille. Tämä tarkoittaa rakenteiden ja huoneilman välistä kosteusvirtaa. Koska betoni sisältää kosteutta enemmän kuin huoneilma, pyrkii betoni luovuttamaan liiallista kosteuttaan huoneilmaan. Huoneilmasta liiallinen kosteus täytyy pyrkiä poistamaan hyvällä tuuletuksella tai ilmastoinnin avulla. Optimaalinen tilanne olisi, että huoneilmassa ja rakenteessa olevassa materiaalissa olisi yhtä suuri absoluuttinen kosteuspitoisuus. Tällöin kosteusvirtaa ei pääsisi syntymään.

Äystön koulun tapauksessa veden täytyy päästä perustuksiin maasta, sillä huoneilman ja ulkoilman absoluuttinen kosteus on huomattavasti pienempi kuin betonin absoluuttinen kosteus (liite 3, s. 6–9). Tämä tarkoittaa siis sitä, että kosteus ei voi siirtyä rakenteisiin huoneilmasta eikä ulkoilmasta, sillä niiden vesipitoisuus on pienempi. Tällöin veden kapillaarinen nousu on suurin syy rakenteiden korkeisiin kosteuspitoisuuksiin. Tätä seikkaa ei ole Äystön koulun perustusvaiheessa otettu lainkaan huomioon. Tämän takia kohteeseen olisi syytä asentaa kapillaarikatko. Kapillaarisuudella tarkoitetaan rakennusaineiden ja maaperän kykyä imeä ja siirtää vettä itseensä, silloin kun ovat kosketuksissa veden kanssa.

Suurimmat kosteuslukemat sain kellaritilojen käytävän lattiasta sekä kellarin varaston lattiasta. Niissä on havaittavissa selkeästi kosteutta. Suoritin rakennekosteusmittauksia yhteensä kuudessa pisteessä koulua, mutta ainoastaan kellarista sain lukemia joissa on havaittavissa selvästi kosteutta.

## 9 LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET

Lämmönläpäisykertoimet selvitin käyttämällä Doftech-ohjelmaa. Ohjelma laskee automaattisesti lämmönläpäisykertoimet, kun sille syöttää rakennekerrosten materiaalit ja paksuudet. Selvitin kummankin ulkoseinämateriaalin ja yläpohjamateriaalin lämpötila- ja kosteuskäyrät. Kummastakin seinästä otin vertailtavaksi tammikuun arvot ja kolme vuoden kylmintä päivää. Yläpohjasta otin vertailtavaksi vain tammikuun arvot, sillä yläpohjien kosteuskäyriä tarkisteltuani huomasin, ettei vesi alkanut tiivistyä rakenteiden sisälle. Niinä ajanjaksoina, jolloin suhteellinen kosteus nousee 100 %, tiivistyy kosteus vedeksi. Lisäksi selvitin kuinka rakenteiden lämmönläpäisykertoimet täyttävät nykyiset vaatimukset. On kuitenkin syytä huomioida, että rakennus on rakennettu noin 60 vuotta sitten ja saneerattu lähes 30 vuotta sitten, että rakentamisen vaatimukset ovat nykyään paljon suuremmat kuin 60 vuotta sitten.

### 9.1 Ulkoseinät

Vanhan osan ulkoseinässä (liite 4, s. 2–3) lisälämmöneristys ei ole ollut rakenteille hyväksi, sillä lisälämmöneristeen kohdassa kosteus alkaa tiivistyä vedeksi. Muovikalvo on asennettu väärin rakennekerrosten väliin ja aiheuttaa näin kosteuden tiivistymistä. Tämä selviää tarkasteltaessa rakenteen kosteuskäyrää. Muovikalvon tulisi olla mineraalivillan ja puukuitulevyn välissä. Tällöin kosteus ei tiivistyisi rakenteiden sisälle. Tarkastelin lisäksi seinän lämmönläpäisykerrointa eli U-arvoa. Vanhan osan ulkoseinän U-arvo on  $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vuonna 2010 voimaan tulleiden Suomen rakentamismääräyskokoelman C3 -vaatimusten mukaan U-arvon tulisi olla  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , joten rakenteen lämmöneristyskyky on huono. Tein seinästä myös korjausehdotuksen ja se löytyy liitteestä 4, s. 8. Korjauksen jälkeen rakenteisiin ei pitäisi enää päästä muodostumaan kosteutta.

Laajennusosan ulkoseinässä lämmöneristekerros on liian ohut ja tämän takia kosteus alkaa tiivistyä lämmöneristeiden kohdassa. Tämän selviää tarkasteltaessa kosteuskäyrää (liite 4, s. 4–5). Laajennusosan U-arvo on  $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ja nykyisten vaatimusten mukaan sen tulisi olla  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . On mielenkiintoista huomata, että laajennusosan seinän U-arvo on huomattavasti huonompi kuin vanhan osan.

Laajennusosan ulkoseinälle ei voi tehdä korjaustoimenpiteitä, sillä tiilikuorimuurin lämmöneristeen lisääminen on yhtä työlästä kuin kokonaan uuden seinän rakentaminen.

## 9.2 Yläpohjat

Vanhan osan yläpohjassa (liite 4, s. 6) ei ole huomioitavaa, sillä rakenteeseen ei pääse tiivistymään kosteutta. Kosteuskäyrää tarkastellessa havaitaan, että suhteellinen kosteus ei noussut minään kuukautena yli 100 %. Yläpohjan U-arvo kuitenkin on  $0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja nykyisten vaatimusten sen tulisi olla  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Yläpohjaan olisi siis lisättävä eristettä, jotta nykyistä U-arvoa saataisiin pienemmäksi ja rakenteeseen parempi lämmöneristys.

Laajennusosan yläpohjan (liite 4, s. 7) rakenteessa kosteus ei pääse tiivistymään vedeksi. Kosteus- ja lämpökäyrän tarkastelun pohjalta ei suhteellinen kosteus noussut minään kuukautena yli 100 %. Huomioitavaa oli kuitenkin, että laajennusosan yläpohjan U-arvo  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ , joka on liian suuri eikä täytä nykyisiä vaatimuksia.

## **10 KORJAUSEHDOTUKSET**

Ottamalla huomioon korjausehdotukset pidemmällä aikavälillä, pystytään varmistamaan rakennuksen toimivuus ja käyttö pidemmäksi ajaksi. Seuraavaksi olen lue- tellut korjausehdotuksia, joita mielestäni koululle olisi syytä tehdä.

### **10.1 Perustusten kunnostaminen**

Perustusten ympärille olisi asennettava perusmuurilevyt suojaamaan rakennusten perustuksia ulkopuoliselta kosteudelta. Salaojitusjärjestelmä sekä sadevesiviemä- röinti olisi syytä uusia koko rakennuksen ympärille. Salaojitusjärjestelmä sekä sadevesiviemärointi ohjaisivat maan kosteuden pois rakennusten perustuksista. Myös maanpinnan kallistuksilla vesi pystytettäisiin ohjaamaan pois rakenteista. Li- sälämmöneristys nostaisi perusmuurin lämpötilaa ja näin sinne mahtuisi enemmän kosteutta kuin tällä hetkellä. Kapillaarikatko olisi tärkeä asentaa perustusten alle, sillä näin pystytettäisiin estämään veden kapillaarinen nousu perustuksiin.

### **10.2 Julkisivujen kunnostaminen**

Vanhan osan julkisivu vaatisi uuden rappauskäsittelyn, sillä rappauspinta ja maali ovat kuluneet ja näyttävät epäsiisteiltä. Suositeltava käsittely olisi paikkarappaus, sillä rappauspinta ei ole kuitenkaan kokonaan niin huonossa kunnossa, että se vaa- tisi koko julkisivupinnan uusimista. Koko vanhan osan julkisivu olisi kuitenkin syytä maalata paikkarappauksen jälkeen, sillä paikkarappauksen jälkiä on muuten todella vaikea saada peitettyksi siististi. Ennen paikkarappauksia vaurioitunut rap- paus poistetaan hiekkapuhaltamalla. Tämän jälkeen kolot muotoillaan ja puhdiste- taan irtoliasta. Kohta kostutetaan huolellisesti mattakosteaksi ja lopuksi varmiste- taan vielä vanhan rappauslaastin koostumus ja ominaisuudet. Näin varmistetaan uuden laastin tartunta vanhaan pintaan. Paikkarappauksen jälkeen julkisivut tulee maalata.

### **10.3 Katon kunnostaminen**

Tiilikatto on niin pahasti vaurioitunut, että se olisi syytä uusia kokonaan mahdolli- simman pian. Katon uusimisen yhteydessä olisi asennettava myös aluskate, joka

estää kosteuden pääsyn ullakkotiloihin. On myös syytä tutkia kattoristikot ja uusia ne osittain, jos niihin on päässyt paljon kosteutta.

Rakennuksen teräsosat, kuten talotikkaat, olisi uusittava katon uusimisen yhteydessä, mieluummin ennen julkisivujen maalaamista. Talotikkaat ovat vaaralliset käyttää, ja niitä kuitenkin tarvitaan mm. nuohouksen yhteydessä.

#### **10.4 Vesijohtoputkien kunnostaminen**

Kaikki vesijohtoputket olisi syytä asentaa pintavetoina näkyville, koska tällä hetkellä vesivuotoja ei havaita, ennen kuin ne ovat päässeet imeytymään myös rakenteiden sisälle. Vesijohtoputket olisi syytä asentaa pintavetoina myös Äystön veden alhaisen pH:n takia. Alhainen pH syövyttää putkia ja vaikka vesiputkiin laitetaan pH:ta nostavaa ainetta, syöpyvät putket silti joskus puhki. Tästä ovat todisteena alakattojen kosteuslaikut.

#### **10.5 Ovien ja ikkunoiden kunnostaminen**

Eteisten teräsrunkoiset ovet olisi syytä tiivistää suuren lämpöhäviön takia, sillä ovissa ei ollut ollenkaan minkäänlaisia tiivisteitä. Kellariin johtavalla käytävällä sijaitseva ulko-ovi olisi syytä tiivistää tai vaihtaa kokonaan uuteen, sillä se vuotaa pahasti. Kellarin kerhohuoneessa olevassa ikkunassa on havaittavissa selvää lämpövuotoa, ja koska huonetta käytetään luokahuoneena, olisi ikkuna syytä tiivistää.

#### **10.6 Pintamateriaalien kunnostaminen**

Puu- ja metalliluokan lattia vaatisi uuden maalikerroksen, sillä se on kulunut epäsiistiksi. Myös laajennusosan tiiliseinät vaatisivat paikkaamista ja maalaamista, sillä niiden saumat ovat osittain halkeilleet.

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni tavoitteena oli tutkia Äystön koulun nykyinen kunto ja laatia sen pohjalta korjausehdotukset. Aihe itsessään oli mielenkiintoinen, sillä korjausrakentamisen merkitys kasvaa kokoajan rakennusosalalla. Tutkimukseni perustuu silmämääräiseen arviointiin sekä tarkempiin tutkimuksiin. Tarkempina tutkimusmenetelminä käytin kosteusmittareita sekä lämpökameraa.

Teuvan kunnan talonrakennusmestarilta Jukka Arolta sain kohteen tarvittavat piirustukset ja tiedot, jotka koin tarpeellisiksi tutkimusta tehdessäni. Vierailin kohteessa moneen kertaan tehden silmämääräistä tutkimusta, ottaen rakennuksesta kuvia, tehden muistiinpanoja ja tutkien rakennusta erilaisilla tutkimustyökaluilla. Kohteessa käydessäni haastattelin koulun henkilökuntaa. Haastattelujen avulla pystyin löytämään koulun pahimmat ongelmakohdat sekä korjaustoimenpiteitä vaativat paikat.

Tutkimustulosteni perusteella koululle on tarvetta tehdä muutamia toimenpiteitä rakennuksen kunnon säilyttämiseksi. Näistä korjaustoimenpiteistä suurimpia ovat katon ja salaoitusjärjestelmän uusiminen, sadevesiviemäröinnin tekeminen sekä vesijohtoputkien rakentaminen pintavetoina. Mielestäni työn tavoitteet saavutettiin hyvin, sillä sain käsityksen koulun kunnosta ja pystyin tekemään sille korjausehdotukset. Korjausehdotusten pohjalta pystyy arvioimaan korjaustoimenpiteiden kustannukset. Toivon, että Teuvan kunnalle on hyötyä tästä kuntotutkimuksesta ja he voivat hyödyntää sitä tulevaisuudessa koulun kunnon säilyttämiseksi.

- /1/ Björkholtz, Dick (1997). Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Rakennustieto Oy.
- /2/ Kaivonen, Juha-Antti (2006). Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Rakennustieto Oy.
- /3/ Paloniitty, Sauli. Rakennuksen lämpökuvaus. Hämeen ammattikorkeakoulu (2004).
- /4/ RIL 107-2000. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinööriliitto (2009).
- /5/ Gann Hydromette RTU 600 pintakosteusmittarin käyttöohjeet. Saatavissa paperimuodossa: Vaasan teknobotnian laboratoriosta.
- /6/ Vaisala HM44 kosteusmittarin käyttöohjeet. Saatavissa paperimuodossa: Vaasan teknobotnian laboratoriosta.

#### **Elektroniset julkaisut:**

- /7/ Gann hydromette RTU 600 kosteusmittarin kuva. [viitattu 1.4.2011] Saatavissa paperimuodossa: Vaasan teknobotnian laboratoriosta.  
<URL:[http://www.jhlaaksonen.fi/gann\\_1.shtml](http://www.jhlaaksonen.fi/gann_1.shtml)>
- /8/ Hannu Hakkarainen (2007) Kurssimateriaali. [viitattu 3.4.2011] Saatavilla osoitteessa:  
<URL:<http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/rkt/2007/luennot/julkisivujenkorjaus.pdf>>
- /9/ Lämpökameran kuva. [viitattu 1.4.2011] Saatavilla osoitteessa  
<URL:<http://www.lampokuvaus.fi/kalusto.php>>
- /10/ Oulun kaupungin internet-verkkosivu. [viitattu 1.4.2011] Saatavilla osoitteessa <URL:<http://www.ouka.fi/pora/tietopankki/vauriok.htm>>
- /11/ Taloyhtiöt.net internet-verkkosivu. [viitattu 1.4.2011] Saatavilla osoitteessa  
<URL:<http://www.taloyhtio.net/korjausjaremontointi/kuntotutkimus/default.html>>
- /12/ Ästön koulun internet-verkkosivu. [viitattu 1.4.2011] Saatavilla osoitteessa <URL:<http://www.teuva.fi/koulut/aysto/historia.htm>>
- /13/ Ratu-1213-S. (2005). Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustieto Oy:n.
- /14/ RT-kortisto 85-10738. (2000). Vesikaton korjaus. Rakennusteollisuus Oy:n.



/15/ RT-kortisto 82-10612. (1996). Rapatut julkisivut. Rakennusteollisuus Oy:n.

## **LIITTEET**

<b>LIITE 1: Äystön koulun rakennuslupapiirustukset</b>	<b>8 sivua</b>
<b>LIITE 2: Lämpökamerakuvat</b>	<b>22 sivua</b>
<b>LIITE 3: Kosteusmittaustulokset</b>	<b>9 sivua</b>
<b>LIITE 4: Lämmönläpäisykertoimet</b>	<b>8 sivua</b>

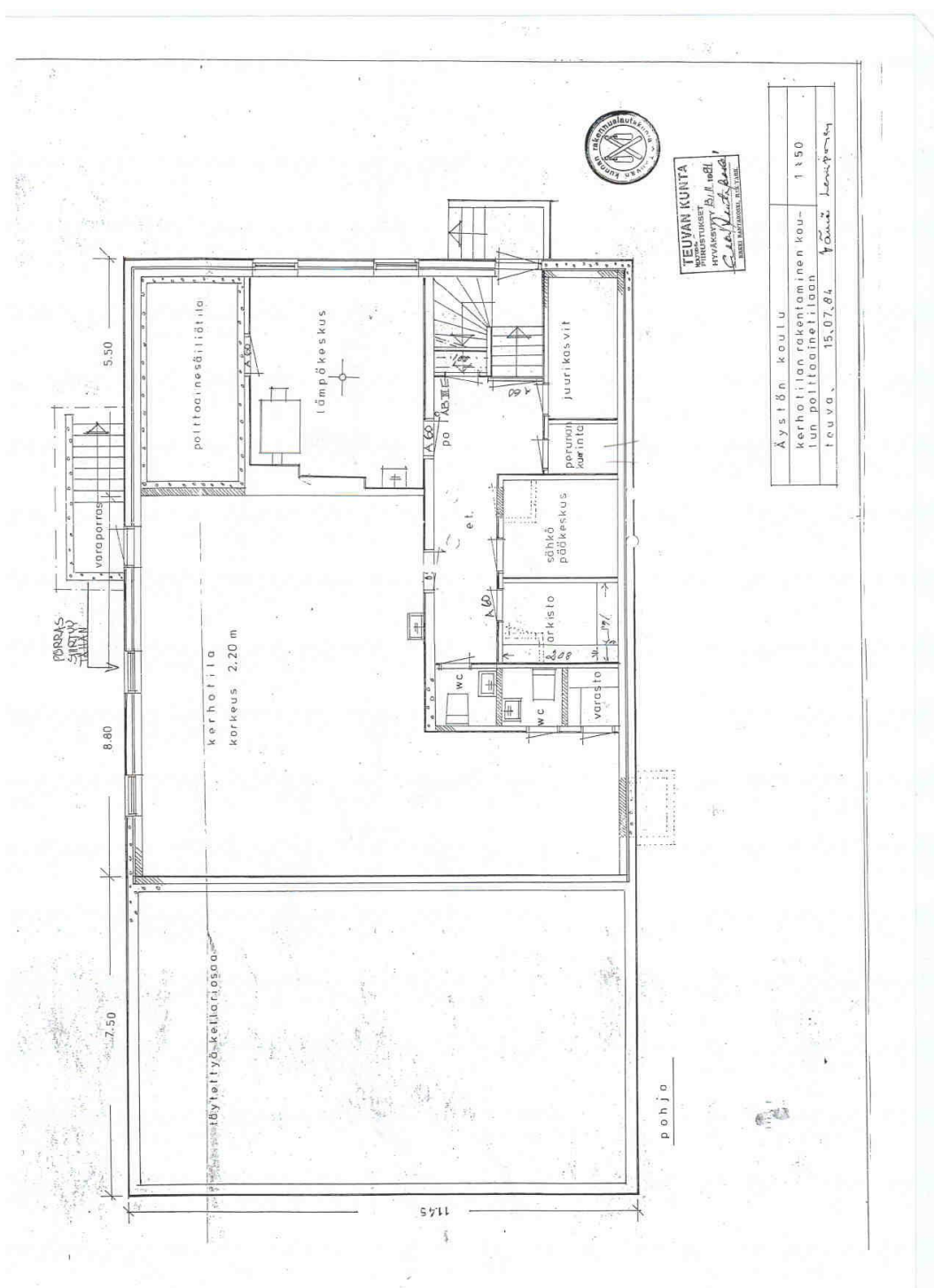
**ÄYSTÖN KOULUN RAKENNUSLUPAPIIRUSTUKSET 8 SIVUA**

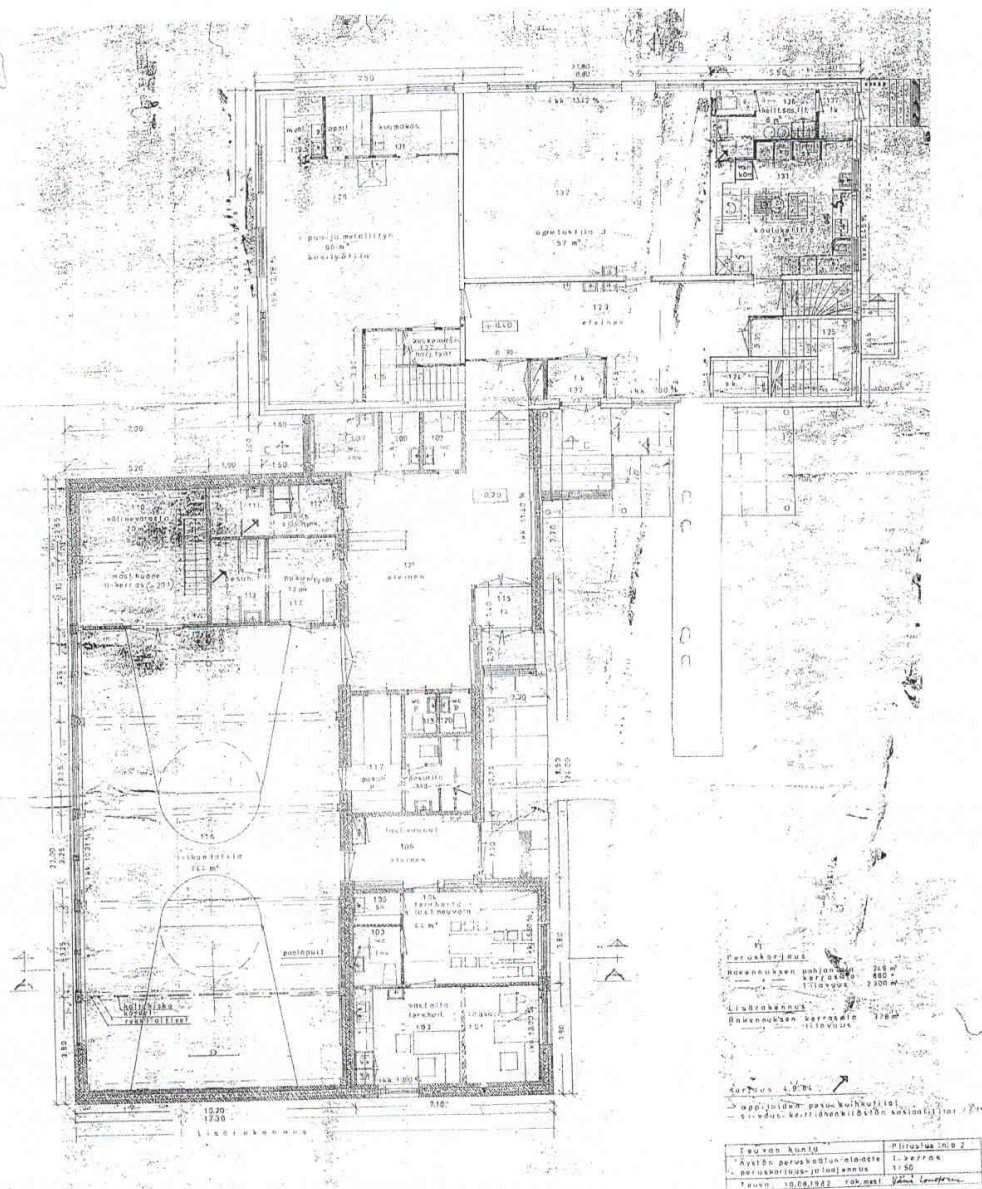
**Äystön koulun pohjakuvat sivut 2-4**

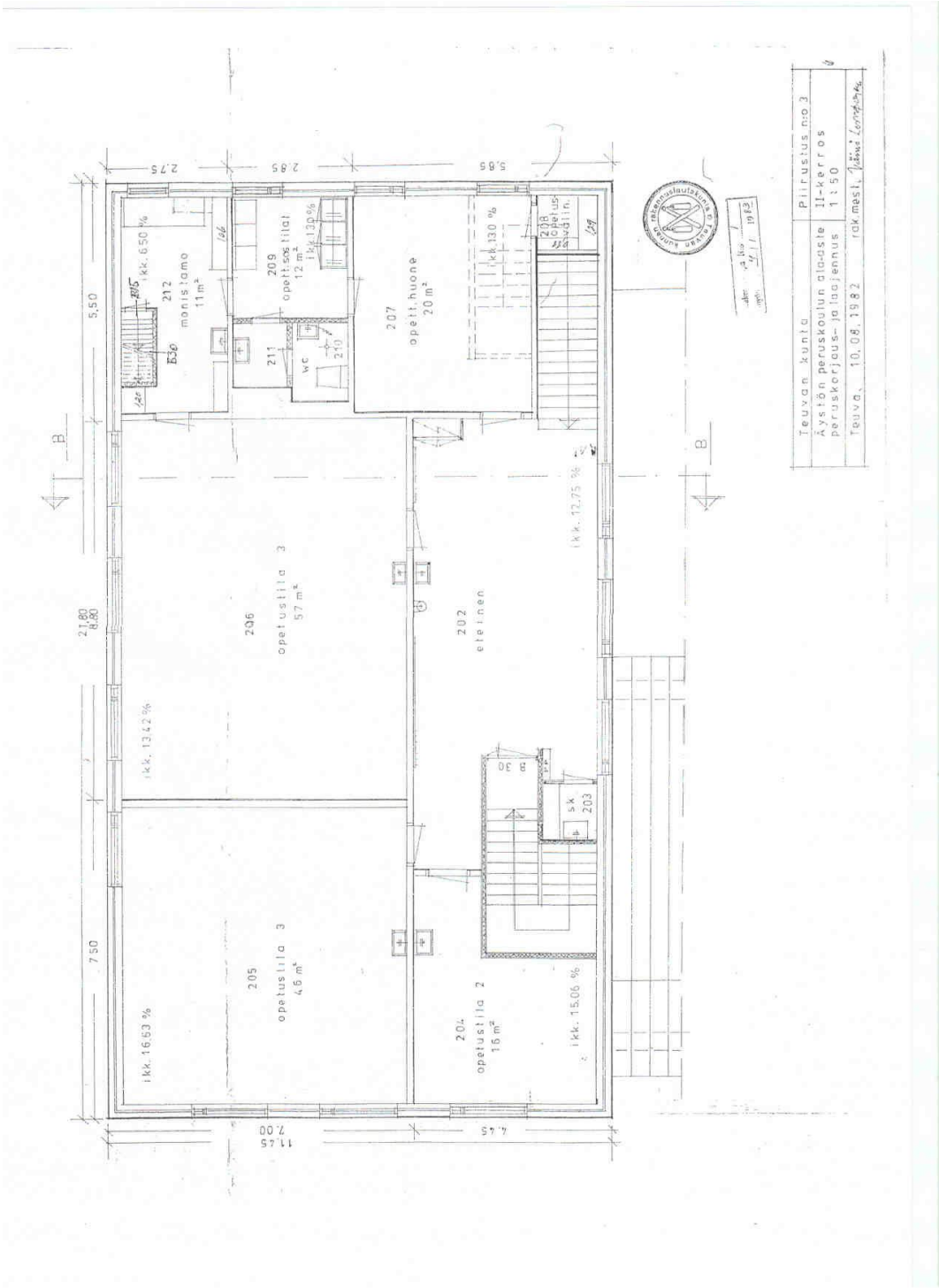
**Rakenneleikkauskuvat sivut 5-6**

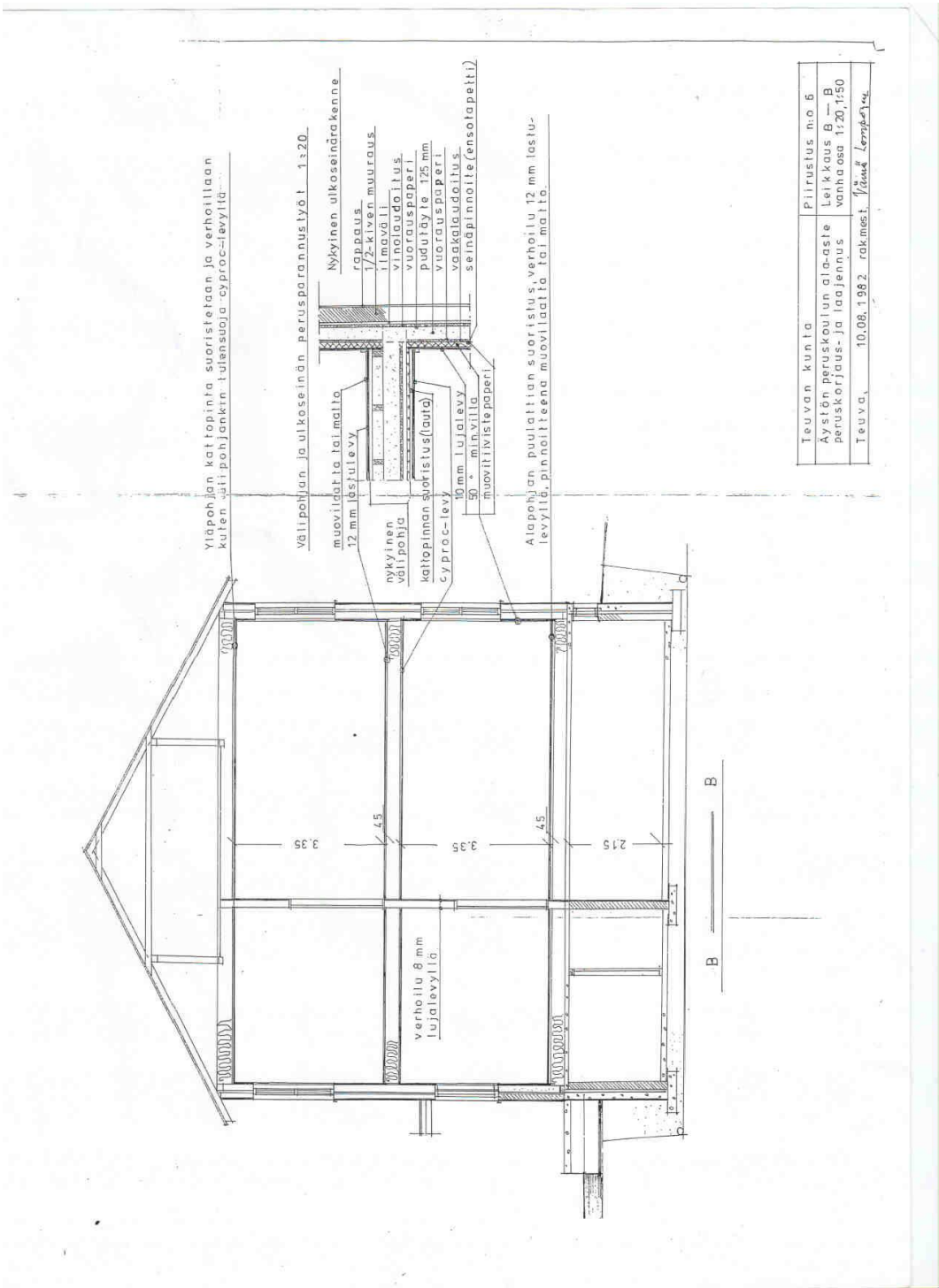
**Julkisivukuvat sivu 7**

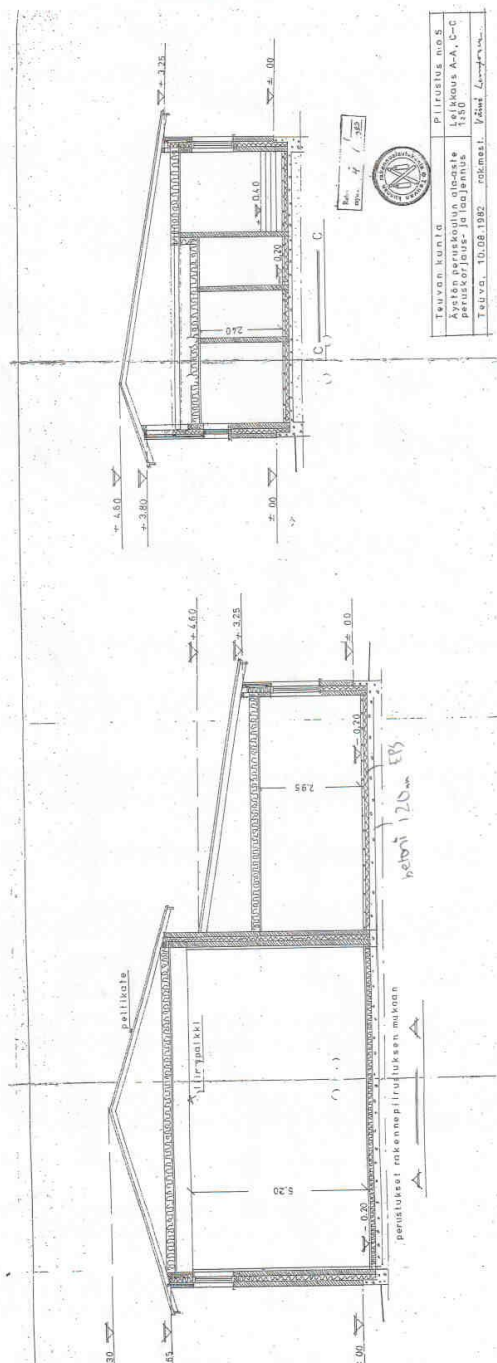
**Asemakaava sivu 8**



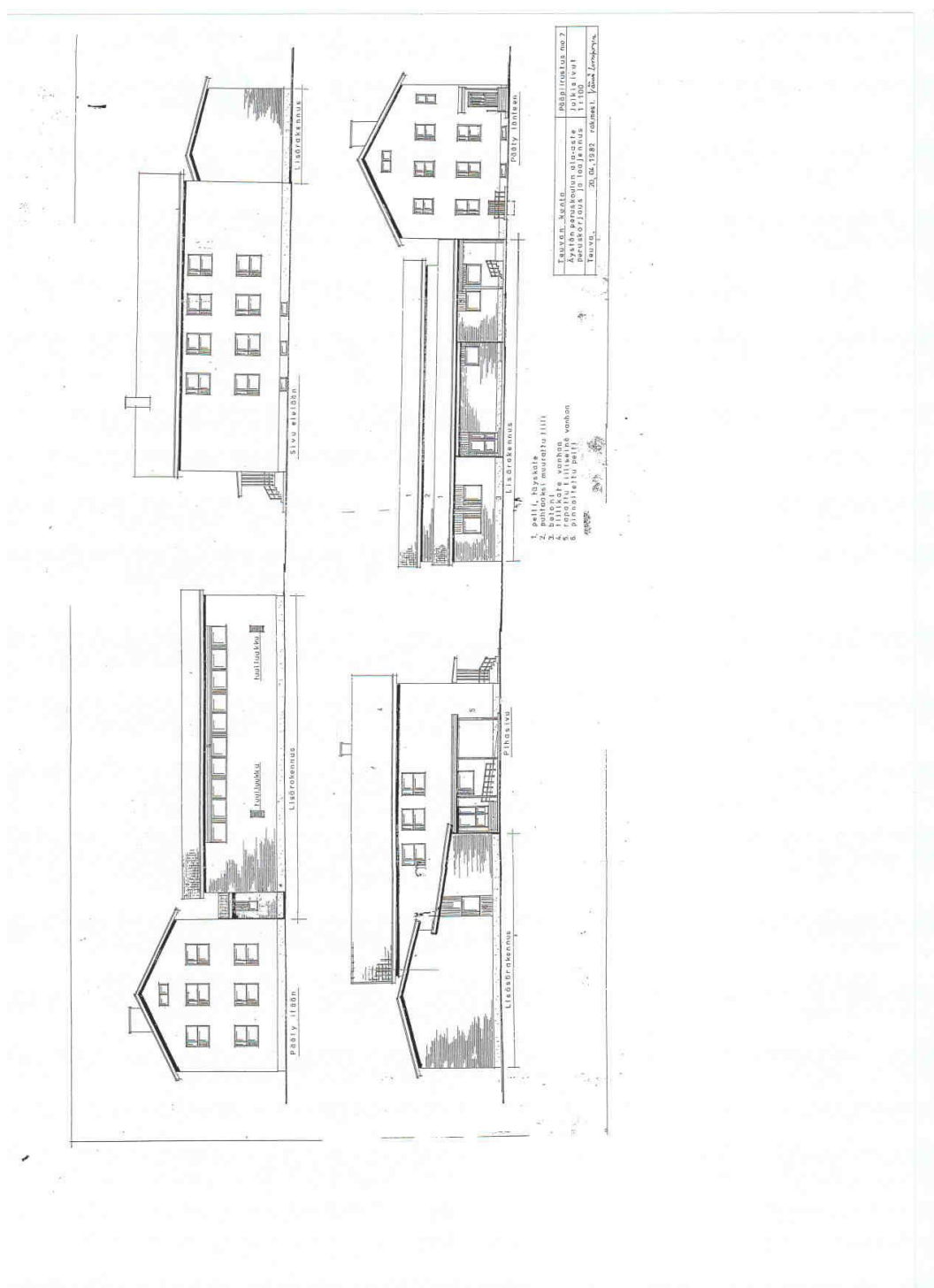


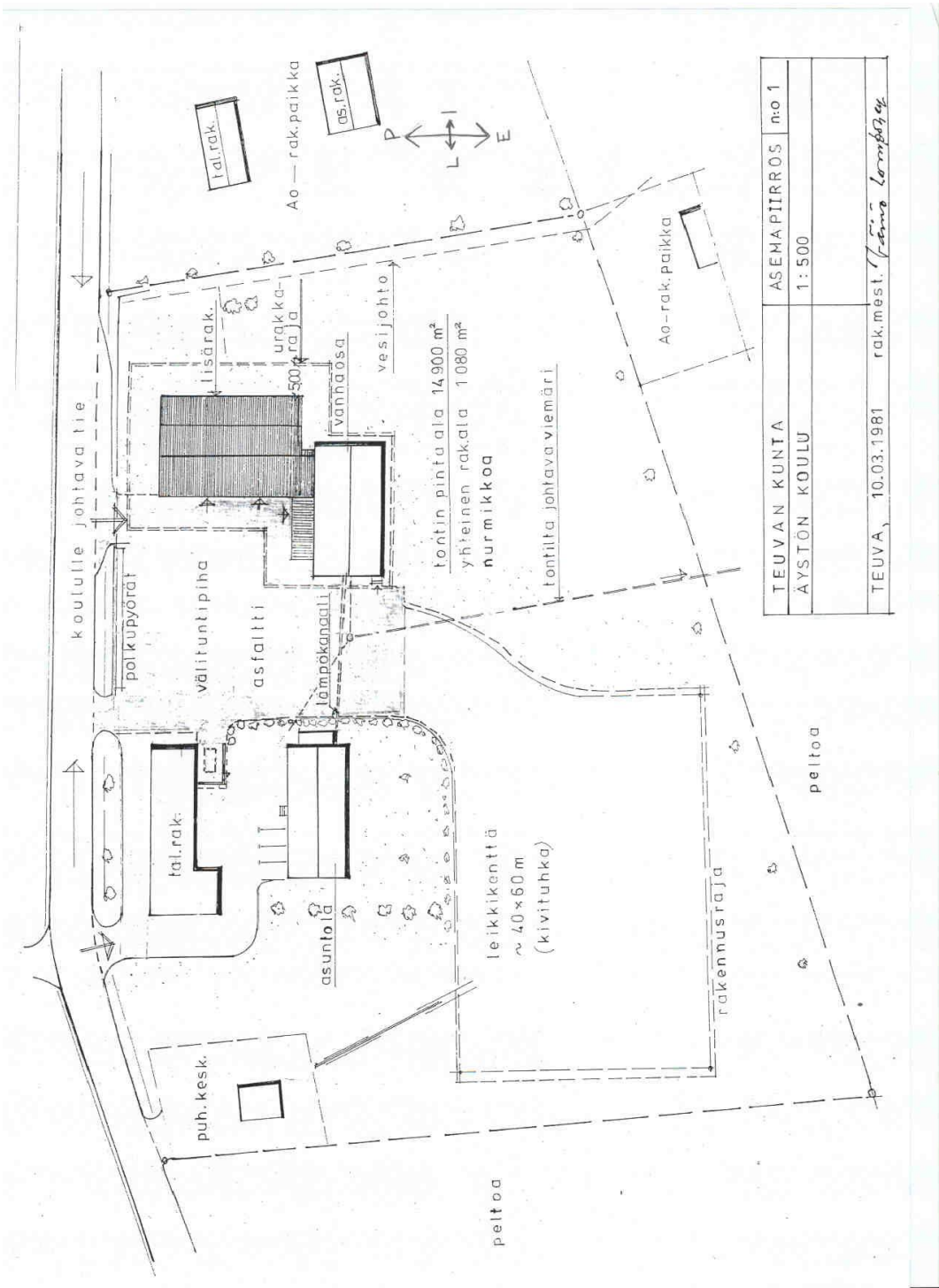






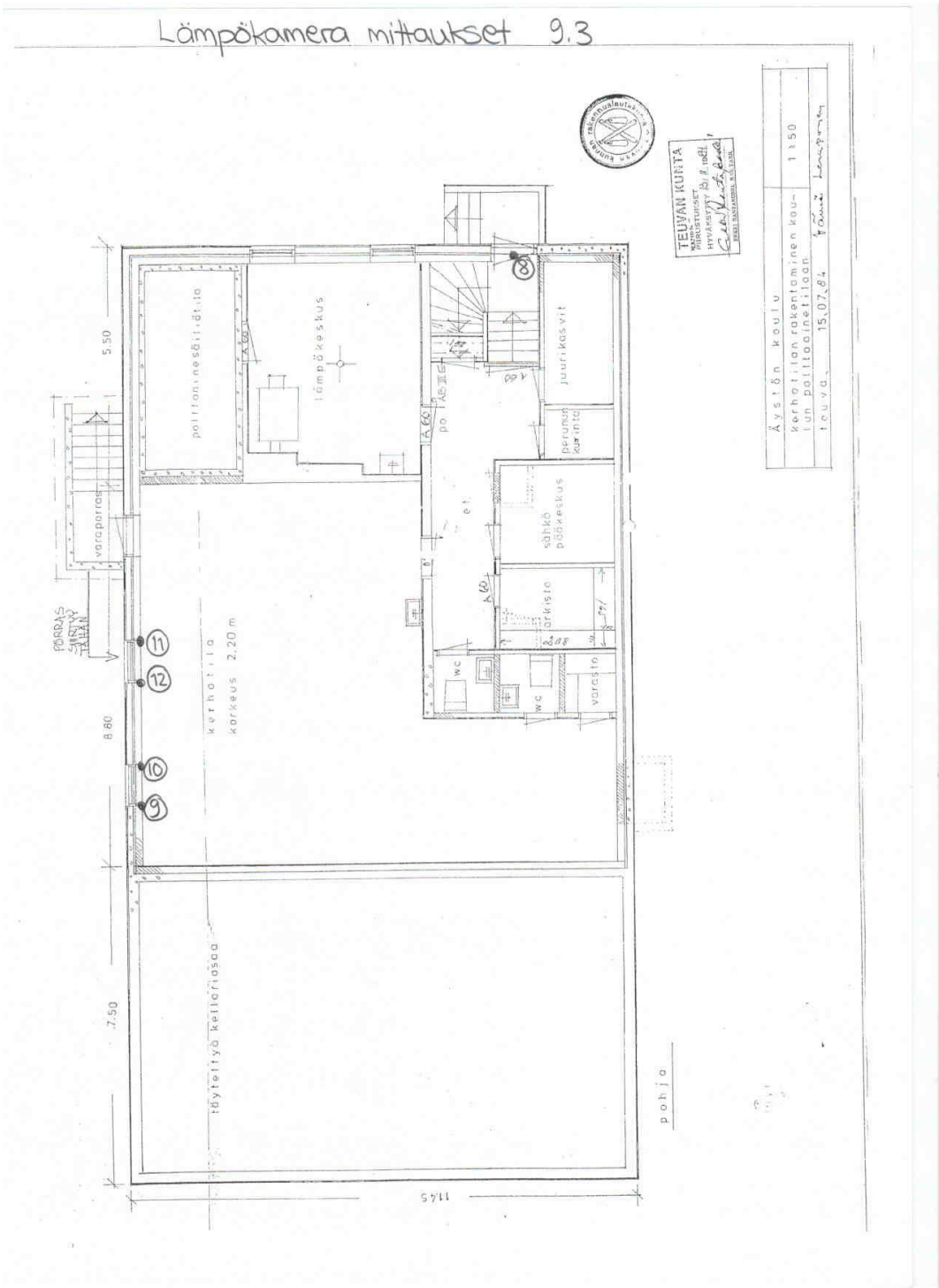






**LÄMPÖKAMERAKUVAT 22 SIVUA**

<b>Lämpökameramittausten pohjakuvat sivut</b>	<b>2-4</b>
<b>Lämpökamerakuvat sivut</b>	<b>5-22</b>





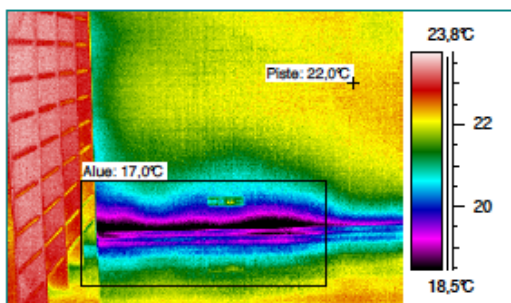




## Äystön koulu

9.3.2011

## Liikuntatila



Mittauspiste1	22,0°C
Mittausalue min	17,0°C
Mittausalue max	23,0°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	79
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	106
---	-----

Kommentit: Pistorasian kohdalla huomattavaa lämpövuotoa, mikä johtuu rakennusaikasesta höyrynsulun rikkoutumisesta pistorasiaa asennettaessa. Rakentamisaikavaiheessa ei ole onnistuttu tiivistämään pistorasian reunoja riittävän hyvin. Mitatun alueen lämpötilaindeksi täyttää kuitenkin asuintilan hyvän tason vaatimukset  $T_1 > 70\%$ , joten pistorasialle ei ole syytä tehdä korjaustoimenpiteitä. Korjaustarvetta voi kuitenkin harkita muun remontin yhteydessä.

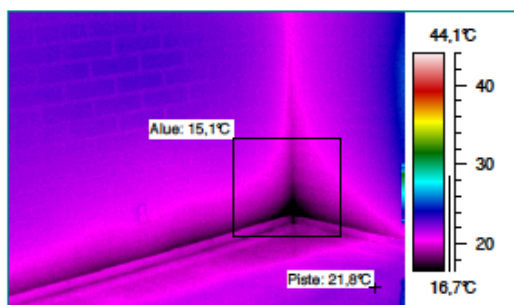
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava ilmansulun tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitetään: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilaa tilan käyttötarkoituksen huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

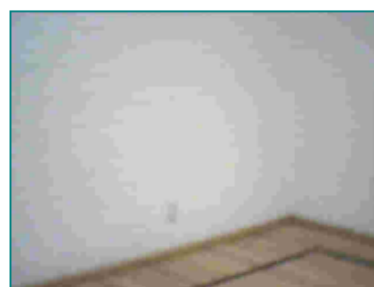
## Liikuntatila



Mittauspiste1	21,8°C
Mittausalue min	15,1°C
Mittausalue max	21,8°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	69
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	104
---	-----

Kommentit: Liikuntatilan seinän ja lattian rajapinnassa huomattavissa pientä lämpövuotoa. Täyttää kuitenkin asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset  $TI > 65\%$ , joten kohteelle ei ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä.

Korjausluokitus on seuraava:

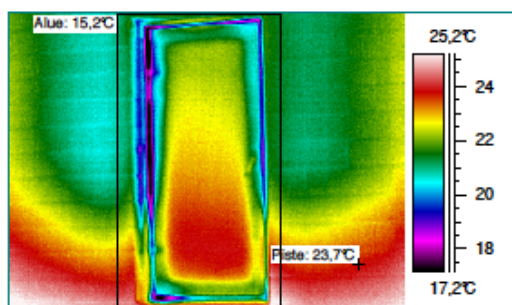
1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevika, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen hyön toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilaa tilan käyttöä haittaava huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.



## Äystön koulu

9.3.2011

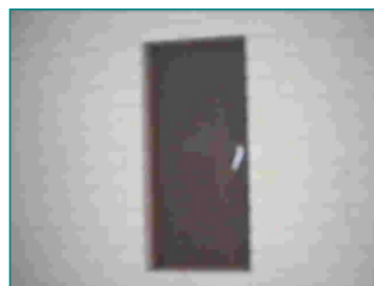
## Liikuntatila



Mittauspiste 1	23,7°C
Mittausalue min	15,2°C
Mittausalue max	25,7°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	70
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetaisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Uikolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	114
---	-----

Kommentit: Liikuntatilan tuuletusikkunassa havaittavissa pientä lämpövuotoa. Täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset TI > 65 %. Kohteelle ei ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä, sillä ikkunan tarkoitus onkin toimia tuuletusikkunana. Liikuntatilassa pieni vuoto ei häiritse, sillä tilassa ei oleskella paljon.

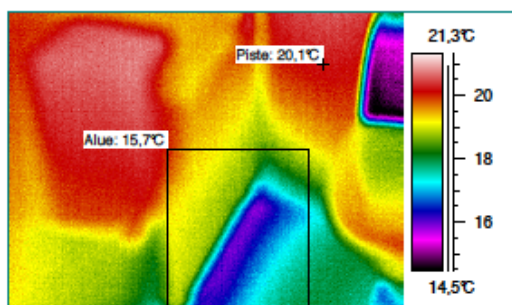
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoituksen huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

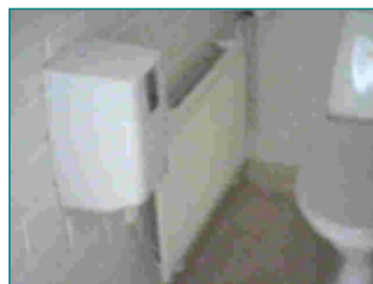
## 120 Polklen wc



Mittauspiste 1	20,1°C
Mittausalue min	15,7°C
Mittausalue max	20,2°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	72
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	95
---	----

Kommentit: Laatan ja sokkelin välinen liitoskohta ei ole tiivis ja sieltä pääsee virtaamaan kylmää ilmaa rakennuksen sisäpuolelle. On myös syytä epäillä, että sokkelin ja anturan eristekerrosta ei ole paksunnettu seinän kohdalta perustusten teon yhteydessä. Kohde täyttää kuitenkin asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset  $TI > 70\%$ , joten wc:lle ei ole tarvetta tehdä toimenpiteitä.

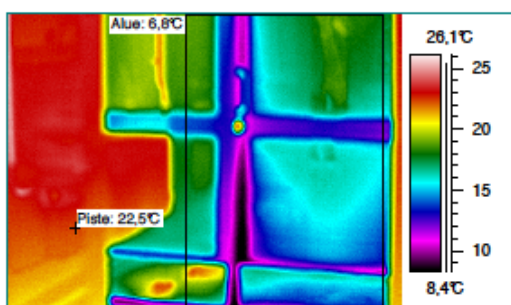
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen hyön toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pillee tilan käyttökäyttöä huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## 115 Etelnen



Mittauspiste 1	22,5°C
Mittausalue min	6,8°C
Mittausalue max	22,3°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	25
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ukolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	108
---	-----

Kommentit: Ulko-ovet ovat epätiivit. Oviin olisi syytä asentaa tiivisteet, sillä rakennuksen lämpöhukka vähentyisi huomattavasti. Eteisen ovet eivät täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61%. Tilan käyttötarkoitus kuitenkin huomioiden, oville ei ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä, mutta se olisi suositeltavaa.

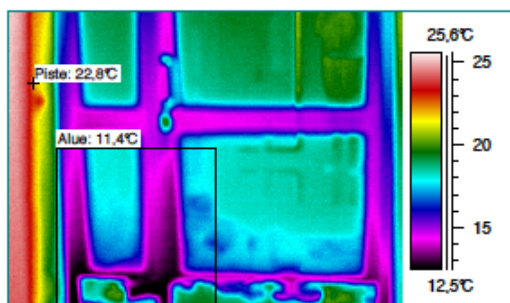
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava ilmansuoco tai eristevika, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

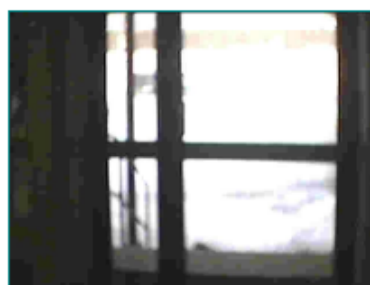
## 122 Etelnen



Mittauspiste 1	22,8°C
Mittausalue min	11,4°C
Mittausalue max	20,3°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	49
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	110
---	-----

Kommentit: Ulko-ovet ovat epätiivit. Oviin olisi syytä asentaa tiivisteet, sillä rakennuksen lämpöhukka vähentyisi huomattavasti. Eteisen ovet eivät täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61 %. Tilan käyttötarkoitus kuitenkin huomioiden ei oville ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä, mutta se olisi suositeltavaa.

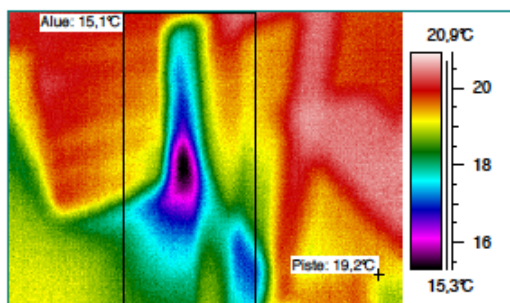
Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfyysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

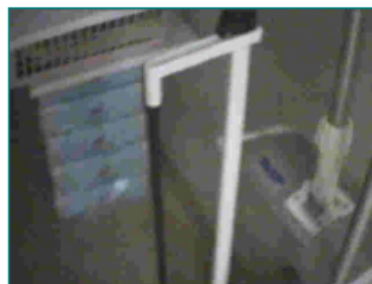
## 124 Silvousedu



Mittauspiste 1	19,2°C
Mittausalue min	15,1°C
Mittausalue max	20,6°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	69
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetaisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ukolämpötila	Tuuli	Pilvisuus
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	90
---	----

Kommentit: Laatan ja sokkelin välistä puuttuu ilmansulku, joten kyseessä on lämpövuoto. Täyttää kuitenkin asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset TI > 65 %, mutta laatan ja sokkelin välissä piilee kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. Jatkotoimenpiteiden tarpeellisuutta voi harkita muun korjauksen yhteydessä.

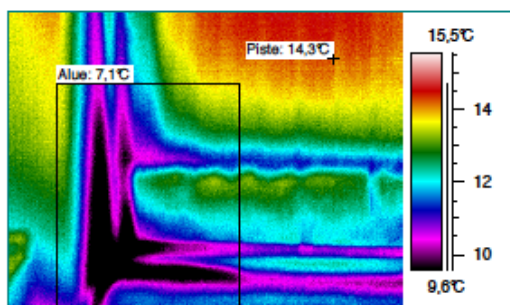
Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmevuoto tai eristevika, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oikeellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäsuojauksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttötarkoituksen huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## 125 Kellarin käytävä



Mittauspiste 1	14,3°C
Mittausalue min	7,1°C
Mittausalue max	13,9°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	27
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ukolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	65
---	----

Kommentit: Ovi on kiertynyt ja paisunut ajan myötä, minkä vuoksi se ei mene kunnolla kiinni. Tämä on syy huomattavaan lämpövuotoon. Ovi ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61 %. Tilan käyttötarkoitus kuitenkin huomioiden ei ovelle ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä, mutta se olisi suositeltavaa.

## Korjausluokitus on seuraava:

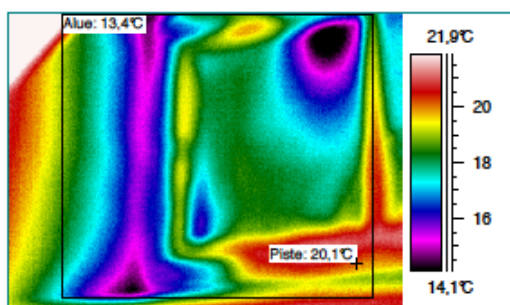
1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei läydy hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.



## Äystön koulu

9.3.2011

## Kerhotila



Mittauspiste 1	20,1°C
Mittausalue min	13,4°C
Mittausalue max	24,0°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	60
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ukolämpötila	Tuuli	Pilvisuus
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	95
---	----

Kommentit: Ikkunan ja rakenteiden rajapintaa ei ole onnistuttu tiivistämään riittävän hyvin rakentamis- ja korjausvaiheessa. Myös ikkunakarmi vuotavat oikeasta yläkulmasta. Ikkuna ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61 %. Tila toimii luokkahuoneena, joten tilan käyttötarkoitus huomioiden on ikkunan tiivisteitä lisättävä tai uusittava koko ikkuna.

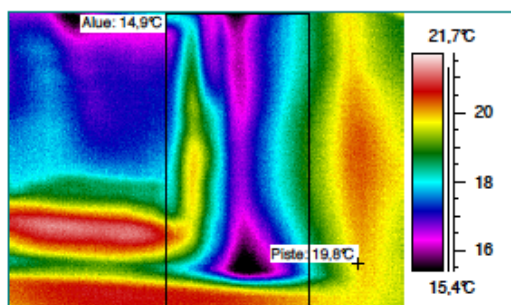
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfyysikaalista toimintaa.
2. Selvitetään: Korjausalue on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## Kerhotila



Mittauspiste 1	19,8°C
Mittausalue min	14,9°C
Mittausalue max	20,8°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	68
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	94
---	----

Kommentit: Ikkunan ja rakenteiden rajapintaa ei ole onnistuttu tiivistämään riittävän hyvin rakentamis- ja korjausvaiheessa. Ikkuna täyttää asumisterveudelle asetetut hyvän tason vaatimukset TI > 65 %, mutta ikkunassa piilee kuitenkin kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. Tila toimii luokkahuoneena, joten huoneen käyttötarkoitus huomioiden on ikkunan tiivisteitä lisättävä tai uusittava koko ikkuna.

## Korjausluokitus on seuraava:

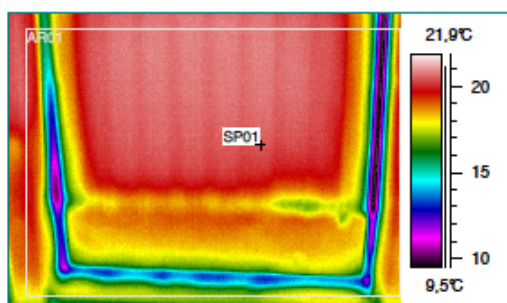
1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveudelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.



## Äystön koulu

9.3.2011

## Kerhotila



Mittauspiste 1	20,6°C
Mittausalue min	9,1°C
Mittausalue max	21,2°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitetusta alueen minimilämpötilasta	37
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitetusta pistelämpötilasta	98
---	----

Kommentit: Oven karmit vuotavat huomattavasti. Syynä tähän ovat oven huonot tiivisteet. Ovi ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61 %. Koska huonetta käytetään luokahuoneena, on oven tiivisteet syytä uusia.

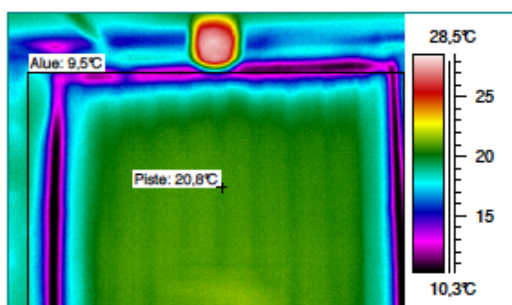
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä hakeutuu oleellisesti rakenteiden rakennusyksiköiden toimintaan.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttöä haittaava huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

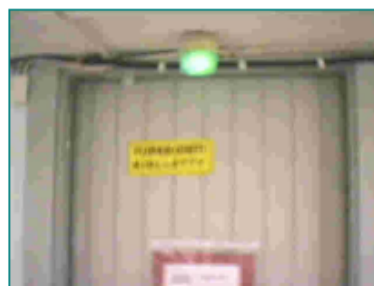
## Kerhotila



Mittauspiste 1	20,8°C
Mittausalue min	9,5°C
Mittausalue max	21,7°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	39
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Uikolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	99
---	----

Kommentit: Oven karmit vuotavat huomattavasti. Syynä tähän ovat oven huonot tiivisteet. Ovi ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61 %. Koska huonetta käytetään luokkahuoneena, on oven tiivisteet syytä uusia.

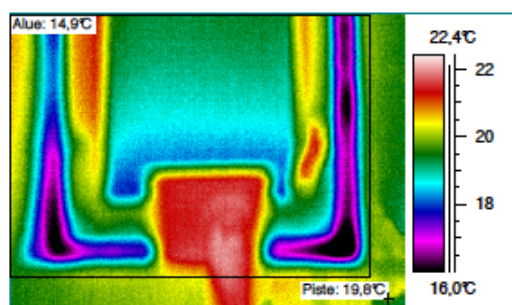
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoituksen huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

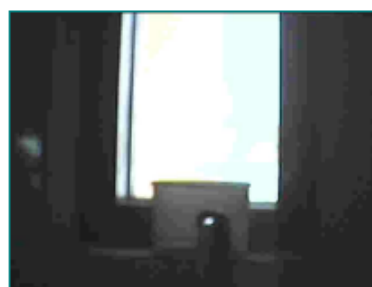
## 107 Inva wc



Mittauspiste 1	19,8°C
Mittausalue min	14,9°C
Mittausalue max	22,2°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	68
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ukolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	94
---	----

Kommentit: Ikkunan ja rakenteen rajapinnassa huomattavissa lämpövuotoa. Ikkuna täyttää asumisterveudelle asetetut hyvän tason vaatimukset TI > 65 %, mutta ikkunassa piilee kuitenkin kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. Ikkunan ja rakenteen rajapintaan lisättävä tiivisteitä.

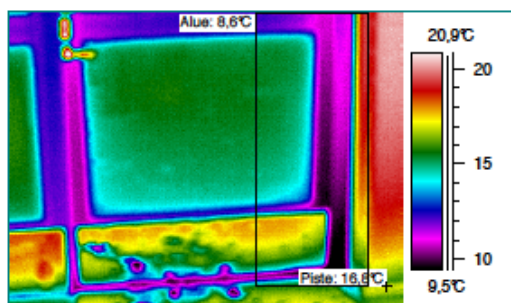
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveudelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttöä haittaava huomioiden kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## 106 Etelinen



Mittauspiste 1	16,6°C
Mittausalue min	8,6°C
Mittausalue max	19,6°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	34
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	78
---	----

Kommentit: Ulko-ovet eivät ole tiiviit. Oviin olisi syytä asentaa tiivisteet, sillä rakennuksen lämpöhukka vähentyisi huomattavasti. Eteisen ovet eivät täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa TI < 61%. Tilan käyttötarkoitus huomioiden, oville ei ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä oville, mutta se olisi kuitenkin suositeltavaa.

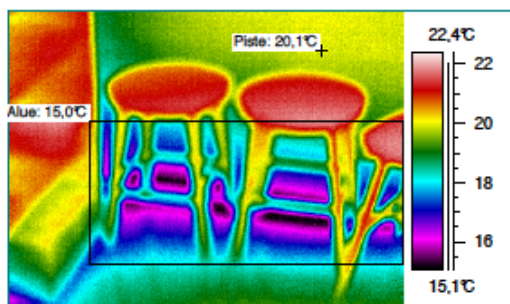
Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä hoikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pillee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## Terveystietokanta



Mittauspiste 1	20,1°C
Mittausalue min	15,0°C
Mittausalue max	22,0°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	68
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetaisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	95
---	----

Kommentit: Laatan ja sokkelin välinen liitoskohta ei ole tiivis ja sieltä pääsee virtaamaan kylmää ilmaa rakennuksen sisäpuolelle. On myös syytä epäillä, että sokkelin ja anturan eristekerrosta ei ole paksummalla seinän kohdalta rakennuksen perustustasossa. Täyttää kuitenkin asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset  $TI > 65\%$ , mutta laatan ja sokkelin rajapinnassa piilee kuitenkin kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. Korjaustoimenpiteitä syytä harkita muun korjauksen yhteydessä.

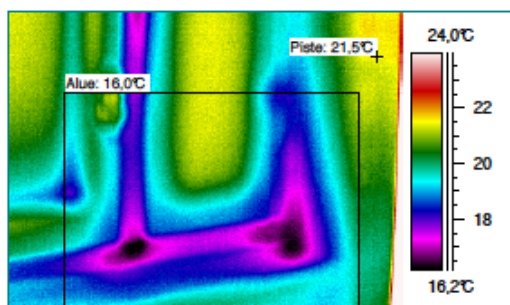
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen valettavaa tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen valettavan tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttötarkoituksen huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteiden kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

## Äystön koulu

9.3.2011

## Lääkäriin huone



Mittauspiste 1	21,5°C
Mittausalue min	16,0°C
Mittausalue max	21,6°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	74
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	103
---	-----

Kommentit: Ikkunan ja rakenteen rajapinnassa sekä tuuletusikkunan tiivisteissä lämpövuotoa. Tila ei ole kuitenkaan jatkuvassa käytössä ja mitatun alueen lämpötilaindeksi täyttää asuintilan hyvän tason vaatimukset  $Tl > 70$  %, joten ikkunalle ei ole välttämätöntä tehdä toimenpiteitä.

Korjausluokitus on seuraava:

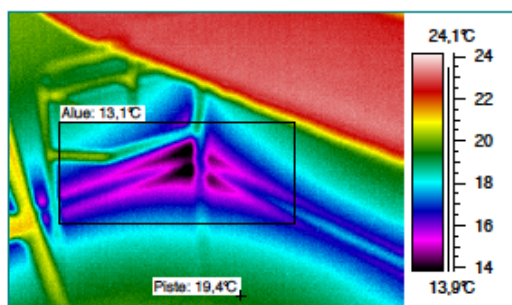
1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusyksiköiden toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttöä haittaava huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.



## Äystön koulu

9.3.2011

## Lääkäriin huone



Mittauspiste 1	19,4°C
Mittausalue min	13,1°C
Mittausalue max	20,3°C

Sisälämpötila	21,0°C
Sisä RH % keskimäärin	
Paine-ero keskimäärin	-10...+5 Pa

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta	59
---	----



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetaisyys	2,0 m
Ympäristön lämpötila	21,0°C
Ilman lämpötila	21,0°C

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	92
---	----

Kommentit: Laatan ja sokkelin välinen liitoskohta ei ole tiivis ja sieltä pääsee virtaamaan kylmää ilmaa rakennuksen sisäpuolelle. On myös syytä epäillä, että sokkelin ja anturan eristekerrosta ei ole paksunnettu seinän kohdalta rakennuksen perustuvaiheessa. Laatan ja sokkelin liitokohta ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa  $TI < 61$  %. Koska tila ei ole jatkuvassa käytössä, on korjaustoimenpiteitä syytä harkita muun korjauksen yhteydessä.

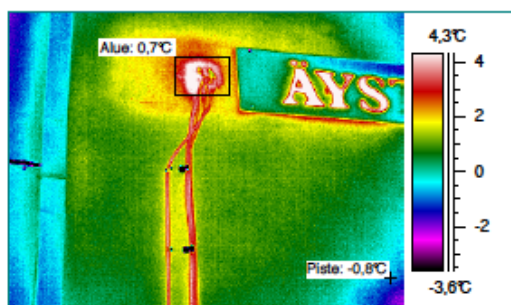
## Korjausluokitus on seuraava:

1. Korjattava: Ilmavuoto tai eristevika, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveysohjeelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piloo tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.

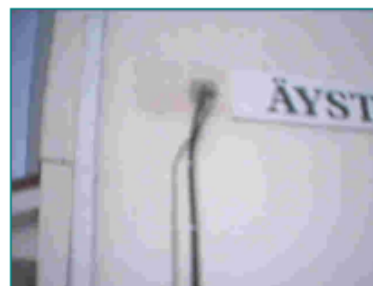
## Äystön koulu

9.3.2011

## Julklisivu pohjoiseen



Mittauspiste 1	-0,8°C
Mittausalue min	0,7°C
Mittausalue max	5,3°C



## Kameran asetukset:

Emissiivisyys	0,94
Kuvausetäisyys	5,0 m
Ympäristön lämpötila	+2
Ilman lämpötila	+2

Ulkolämpötila	Tuuli	Pilvisyys
+2	8 m/s	Aurinkoinen

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta alueen minimilämpötilasta -7

Laskettu lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta -15

Kommentit: Lämpöjohtoputkien läpiviennissä huomattavaa lämpövuotoa, joka johtuu rakennusaikaisesta höyrynsulun puhkaisemisesta. Putkien läpivienttiä ei ole tiivistetty riittävän hyvin. Läpivienti kohta olisi syytä tiivistää lämpöhukan vähentämisen takia.

## Korjausluokitus on seuraava:

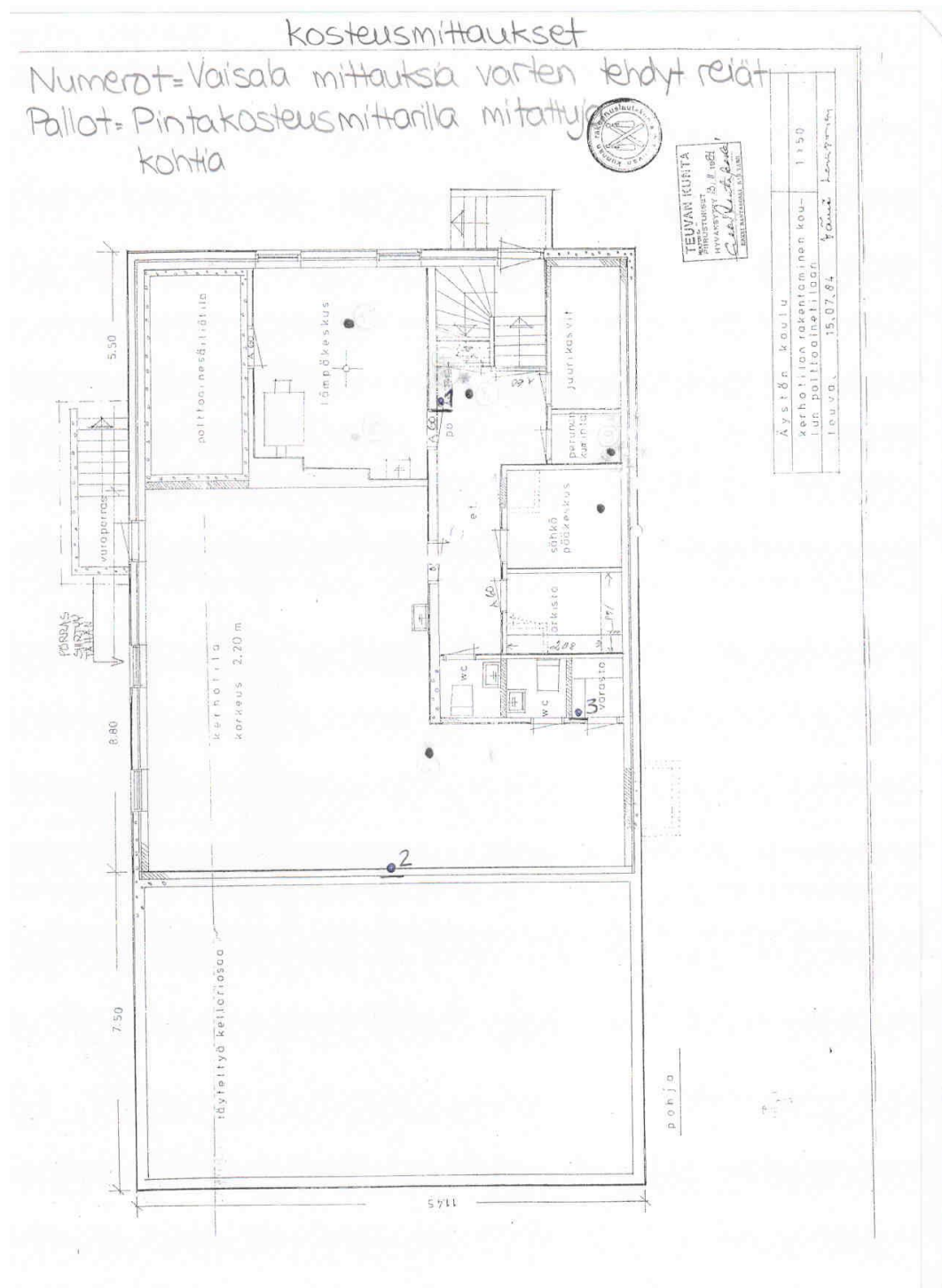
1. Korjattava ilmavuoto tai eristevike, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Sekä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennuslaatuista toimintaa.
2. Selvitettävä: Korjaustarve on erikseen harkittava, ja jätettävä jos sen työn toteutus ei ole kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason mutta ei täytä hyvää tasoa.
3. Lisäkustannuksia: Täyttää Asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta pilkee tilan käyttötarkoitus huomioiden kosteus- ja lämpötekniikan toiminnan riski. On tarkastettava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä lisätutkimuksia.
4. Ei toimenpiteitä.



**KOSTEUSMITTAUSTULOKSET 9 SIVUA**

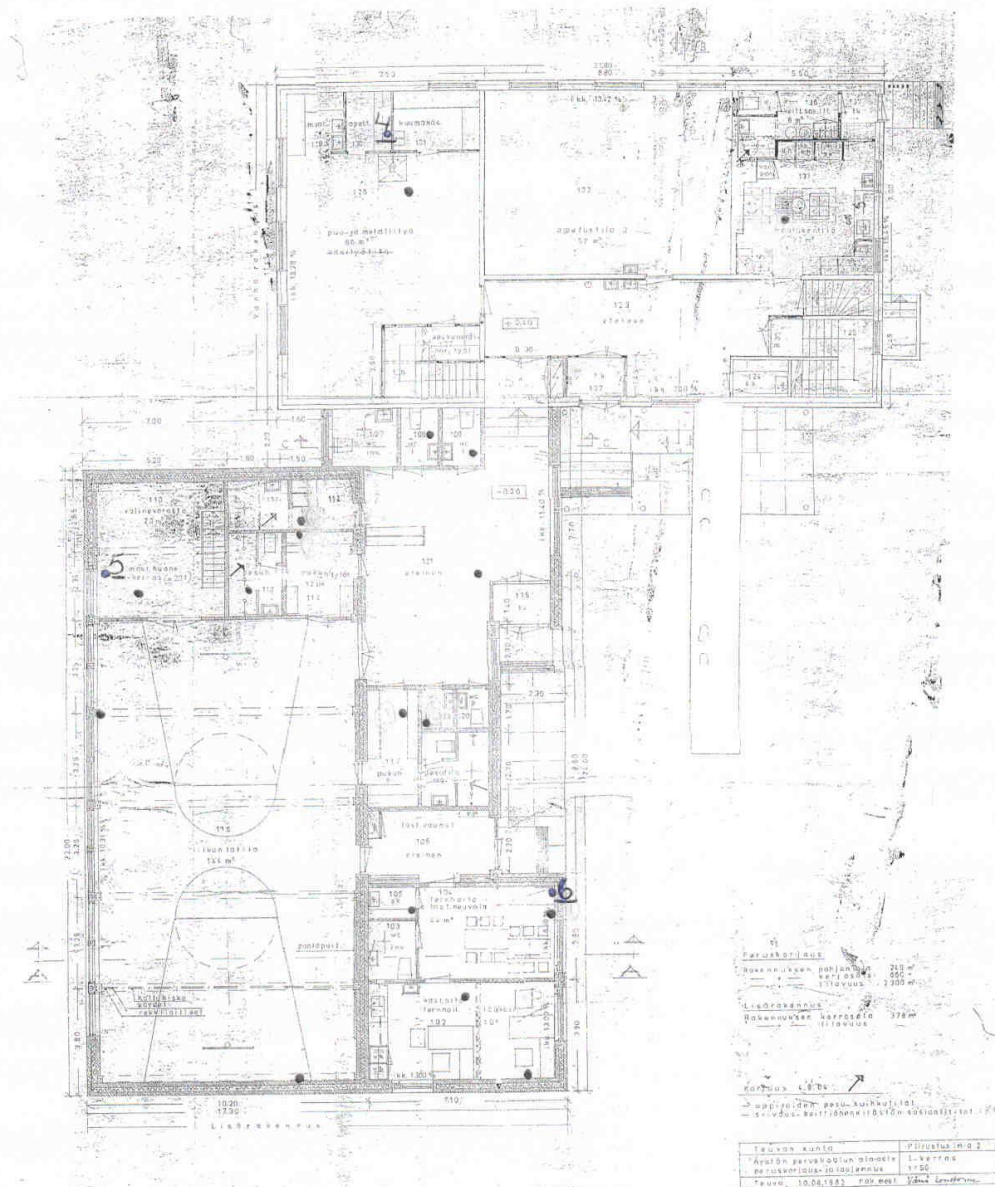
**Kosteusmittausten pohjakuvat sivut      2-3**

**Kosteusmittauslaskujen tulokset sivut      4-9**



# kosteusmittaukset

Numerot = Vaisala mittauksia varten tehdyt reiät  
 Pallot = Pintakosteusmittarilla mitattuja kohtia



Seuraavassa luettelossa on esitetty huoneiden suurimmat ja pienimmät kosteusprosentit. Mittaukset suoritettu Gann Hydromette pintakosteusmittarilla.

Betoni- ja tiilirakenteisiin tehdyt mittaukset on suoritettu mittapää RTU600:lla ja tulokset ovat lukemia. Puurakenteisiin tehdyt mittaukset on suoritettu juntta-anturi M18:a ja saadut tulokset ovat painoprosentteja.

1. kerroksen mittaustulokset

Num.	Kohteen nimi	Suurin arvo	Pienin arvo	Muuta huomioitavaa
101	Lääkäriin vastaanotto huoneen tiiliseinä	47	-	
102	Vast. otto/terv.hoit betonilattia	62	-	
104	Terv.hoit/last. neuvola tiiliseinä	50	-	
105	Sk betonilattia	81	66	
108	Wc betonilattia	70	-	
109	Wc betonilattia	67	-	
110	Välinevaraston betonilattia	60	-	
112	Pukuhuone hlök. betonilattia	71	58	
113	Pesuhuoneen betonilattia	69	-	
114	Pukuhuoneen tiiliseinä	65	-	
116	Liikuntatilan tiiliseinä	50	-	
116	Liikuntatilan betonipilarit	63	-	
117	Pukuhuoneen betonilattia	70	-	
119	Wc pojat betonilattia	86,9	67	Pytyn ympäristä kellertävä, joten pytty on saattanut vuotaa.
121	Eteinen	66	47	
128	Puu- ja metallityön betonilattia	70	46	
133	Koulukeittön betonilattia	95,9	60	

## Kellarin mittaustulokset

Kellarin käytävä	135,8	56	Lähes koko käytävä oli päälle 100 mittayksikköä
Perunan kuorinta tiiliseinä	129	27	Tiilet ovat pahasti rapautuneet
Perunan kuorinta betonilattia	84	63	
Sähköpääkeskus betonilattia	97	80	Huoneessa on perunakellarin haju!
Sähköpääkeskus tiiliseinä	50	30	Seinästä on rapautunut pintaa, mutta seinästä saa mittaustulos oli kuitenkin kuivaa
Kerhotilan betonilattia	113	50,3	
Lämpökeskus	117,8	53	

## Ullakon mittaustulokset

Vanhan osan ullakolla katon puuristikot osittain sinistyneet			Vanha tiilikatto vuotaa, mikä on seurausta
Ullakolta mitattujen puiden arvoja	12,5	7,9	kattotiilien rapautumisesta

Seuraavassa taulukossa on esitetty huoneilman suhteellinen kosteus eli RH ja lämpötila, jotka sain selville Vaisala kosteusmittarill. Näiden lukemien pohjalta pystyin laskemaan kohteiden huoneilman absoluuttisen kosteuden ja kastepisteen.

Mittaukset suoritettu Vaisala HM44 mittarilla.

13. Huhtikuuta Ulkoilman RH 84,5 %, lämpötila + 2,4 °C

Kohde	Huoneilman RH	Huoneilman °C	Absoluuttinen kosteus	Kastepiste
Kellarin käytävä	31,60%	+ 20,6 °C	5,622 g/m <sup>3</sup>	+ 2,1 °C
Kellarin luokkahuone	28,10%	+ 22,1 °C	5,480 g/m <sup>3</sup>	+ 1,7 °C
Puun- ja metallityöluokka	23,40%	+ 23,7 °C	5,003 g/m <sup>3</sup>	+0,5 °C
Liikuntatilan varasto	23,60%	+ 23,4 °C	4,960 g/m <sup>3</sup>	+0,2 °C
Terveystilojen tila	24,00%	+ 22,5 °C	4,793 g/m <sup>3</sup>	-0,2 °C

Huoneiden absoluuttisen kosteuden ja kastepisteen saa selville käyttämällä apuuna taulukkoa ilman ominaisuuksia normaalin ilmakehän paineessa /2, 44/

Kaava

Huoneilman RH lukema % \* v<sub>k</sub> (ilman lämpötilan kohdasta),  
Ja kastepiste saadaan vastauksen g/m<sup>3</sup> kohdasta

=

g/m<sup>3</sup>

Ulkoilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,845*5,75	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4,85875</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	0 °C
Kellarin käytävän huoneilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,316*17,79	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5,62164</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	+ 2,1 °C
Kellarin luokkahuoneen huoneilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,281*19,51	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5,48231</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	+ 1,7 °C
Puu- ja metallityöluokan huoneilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,234*21,38	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5,00292</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	+ 0,5 °C
Liikuntatilan varaston huoneilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,236*21,02	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4,96072</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	+ 0,2 °C
Terveystieteiden huoneen huoneilman absoluuttinen kosteus ja kastepiste			
0,24*19,97	=	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4,7928</span>	g/m <sup>3</sup>
		-> kastepiste	- 0,2 °C



Seuraavassa luettelossa on esitty betonirakenteisien lattioiden ja seinän kosteuskurvat, jotka sain suoraan selville Vaisala HM44 mittarista.

Kohde	Betonin RH	Betonin °C	Absoluuttinen kosteus	Kastepiste
Kellarin käytävän lattia	92,90%	+ 20,6 °C	17,6 g/m³	+ 20,4 °C
Kellarin varaston lattia	98,60%	+ 22,1 °C	14,7 g/m³	+ 17,2 °C
Kellarin huokahuoneen seinä	32,50%	+ 20,8 °C	6,4 g/m³	+ 4,9 °C
Puu- ja metallityöluokan lattia	39,20%	+ 23,5 °C	8,1 g/m³	+ 8,5 °C
Liikuntatilan varaston lattia	20,50%	+ 23,6 °C	4,1 g/m³	- 1,1 °C
Terveystilojen tilan lattia	32,30%	+ 21 °C	4,3 g/m³	- 0,9 °C

Vaisala mittarista saatujen lukemien avulla pystyin laskemaan, kuinka paljon kosteutta betoniin mahtuisi, jos suhteellinen kosteus eli RH olisi 100 %.

Kaava

Saatu RH

Absoluuttinen kosteus

=

Maksimi RH

X

->

Eli tästä saadaan vastaukseksi kuinka monta g/m³ vesihöyryä tiivistyy vedeksi

X= paljonko betoniin sopii kosteutta



Kellarin käytävän lattia	$\frac{0,929}{17,6}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>18,95</div>	$\frac{g}{m^3}$
Kellarin varaston lattia	$\frac{0,986}{14,7}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>14,91</div>	$\frac{g}{m^3}$
Kellarin luokahuoneen seinä	$\frac{0,325}{6,4}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>19,69</div>	$\frac{g}{m^3}$
Puu- ja metallityöluokan lattia	$\frac{0,392}{8,1}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>20,66</div>	$\frac{g}{m^3}$
Liikuntatilan varaston lattia	$\frac{0,205}{4,1}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>20</div>	$\frac{g}{m^3}$
Terveystilojen tila	$\frac{0,323}{4,3}$	$=$	$\frac{1}{x}$	$\rightarrow$	$x =$	<div>13,3</div>	$\frac{g}{m^3}$

Näiden lukemien perusteella pystyn arvioimaan betonin kosteuden.

**LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET 8 SIVUA**

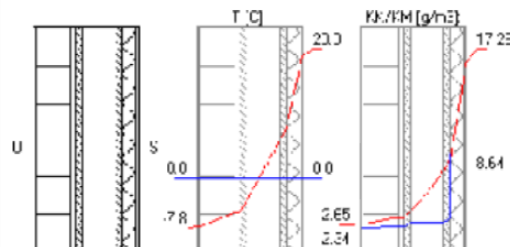
<b>Ulkoseinän lämmönläpäisykertoimet sivut</b>	<b>2-5</b>
<b>Yläpohjan lämmönläpäisykertoimet sivut</b>	<b>6-7</b>
<b>Vanhan osan ulkoseinän korjausehdotus sivu</b>	<b>8</b>



Rakennuskohde:	Sisältö:	
Äystön peruskoulun ala-aste	Vuonna 1951 rakennetun osan ulkosinä	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	20.4.2011	

## Rakenteen päätiiedot:

U-arvo:	0.318 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	397.090 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	262.08 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	64107.212 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000016 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	3.140 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
3 Tuulettuva ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
4 Puu (mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
5 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
6 Sahanpuru	125.00	0.1200	6.600000e-04	0.00	160.00
7 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
8 Puu (mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
9 Muovikalvo 0.09 mm	0.09	0.3400	1.620000e-09	0.00	900.00
10 Mineraalivilla	50.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
11 Puukuitulevy, huokoi	10.00	0.0550	1.080000e-04	0.00	350.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kp):
1 ?	---	---	---	---	0.00 (4)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, UK = Lisäkonduktanssi

## Lämpötilat ja kosteudet:

## Tammikuu (744.0 h)

Piste:	T [°C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-7.80	2.65	2.34	88.0	0.00
1	-7.46	2.74	2.34	85.4	0.00
2	-7.36	2.76	2.36	85.6	0.00
3	-5.44	3.22	2.47	76.8	0.00
4	-5.42	3.23	2.47	76.7	0.00
5	-3.68	3.72	2.72	73.0	0.00
6	-3.51	3.74	2.81	74.9	0.00
7	5.71	7.17	2.82	39.4	0.00
8	5.77	7.20	2.91	40.4	0.00
9	7.61	8.12	3.16	38.8	0.00
10	7.62	8.12	8.62	100.0	376.37
11	17.24	14.70	8.63	58.7	0.00
12	18.85	16.16	8.64	53.5	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

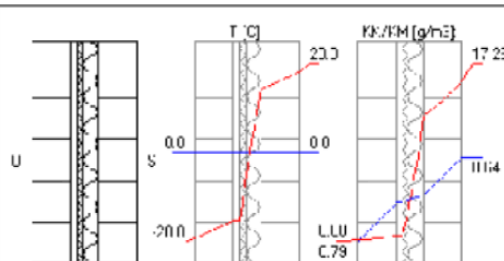
## Lisätiedot:

Uomat jutut\Vanha\osaUS.LAM

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Äystön peruskoulun ala-aste	Vuonna 1985 rakennetun laajennusosan ulkoseinä	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	20.4.2011	

## Rakenteen päätiiedot:

U-arvo:	0.441 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	350.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	391.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2514.936 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000398 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	2.268 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.100 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [€/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
2 Tuulettuva ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
3 ISOVER RKL	20.00	0.0330	3.780000e-04	0.00	0.00
4 Mineraalivilla	50.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
5 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [€/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/mK](kp):
1 ?	---	---	---	---	0.00 (4)
2 ?	---	---	---	---	0.00 (4)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

## Lämpötilat ja kosteudet:

## 3:n päivän kyl min (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.29	0.93	0.79	84.9	0.00
2	-15.47	1.32	4.43	100.0	0.00
3	-15.44	1.32	4.43	100.0	0.00
4	-4.75	3.40	4.59	100.0	0.00
5	14.42	12.42	5.00	40.3	0.00
6	18.24	15.59	8.64	55.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kylästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

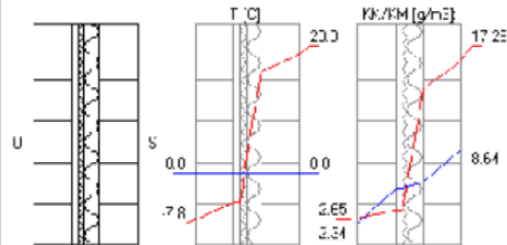
## Lisätiedot:

Uomat jutut/USuosiosiam

Rakennuskohde: Äystön peruskoulun ala-aste	Sisältö: Vuonna 1985 rakennetun laajennusosan ulkoseinä	
Suunnittelija:	Päiväys: 20.4.2011	Tunnus:

## Rakenteen päätiiedot:

U-arvo: 0.441 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 350.000 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 391.50 kg  
 Hinta: 0.00 euro  
  
 Vesihöyryn vastus: 2514.936 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000398 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 2.268 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.040 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.100 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 90.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [€/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
2 Tuulettuva ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
3 ISOVER RKL	20.00	0.0330	3.780000e-04	0.00	0.00
4 Mineraalvilla	50.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
5 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [€/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kp):
1 ?	---	---	---	---	0.00 (4)
2 ?	---	---	---	---	0.00 (4)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA = Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

## Lämpötilat ja kosteudet:

## Tammikuu (744.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-7.80	2.65	2.34	88.0	0.00
1	-7.31	2.77	2.34	84.4	0.00
2	-4.65	3.43	5.26	100.0	321.62
3	-4.63	3.43	5.26	100.0	0.00
4	2.80	5.90	5.39	91.3	0.00
5	16.12	13.75	5.72	41.6	0.00
6	18.77	16.09	8.64	53.7	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kylästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

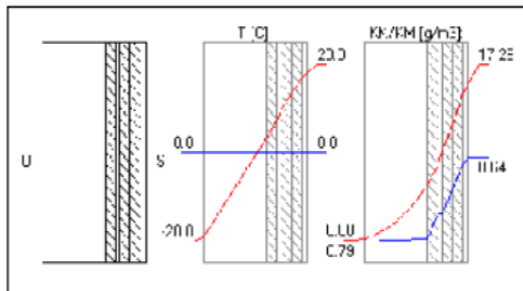
## Lisätiedot:

Ukoseinät jätettiin suojaksi

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Äystön peruskoulun ala-aste	Vuonna 1951 rakennetun osan yläpohja	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	20.4.2011	

## Rakenteen päätiiedot:

U-arvo: 0.454 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 247.000 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 74.40 kg  
 Hinta: 0.00 euro  
  
 Vesihöyryn vastus: 8483.165 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000118 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 2.202 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.040 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.100 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 0.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Sahanpuru	150.00	0.1200	6.600000e-04	0.00	160.00
2 Puu(mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
3 Tuulettumaton ilmara	10.00	0.0770	6.600000e-04	0.00	0.00
4 Puu(mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
5 Puu(mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
6 Kipsilevy	12.00	0.2100	1.620000e-05	0.00	1200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

## Lämpötilat ja kosteudet:

## 3:n päivän kyl min (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.27	0.93	0.79	84.7	0.00
2	3.43	6.16	1.00	16.2	0.00
3	7.22	7.92	3.31	41.9	0.00
4	9.58	9.21	3.33	36.1	0.00
5	13.36	11.64	5.64	48.5	0.00
6	17.15	14.62	7.96	54.4	0.00
7	18.18	15.54	8.64	55.6	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kylästyiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

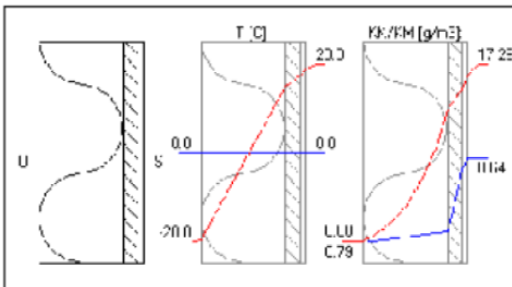
## Lisätiedot:

U:\omat\jutut\VanhaYp.lam

Rakennuskohde: Äystön peruskoulun ala-aste	Sisältö: Vuonna 1985 rakennetun laajennusosan yläpohja	
Suunnittelija:	Päiväys: 20.4.2011	Tunnus:

## Rakenteen päätiiedot:

U-arvo:	0.268 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	185.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	23.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	3379.917 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000296 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	3.734 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.100 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	0.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [€/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Mineraalivilla	150.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
2 Puu(mänty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
3 Puukuitulevy, puolik	10.00	0.0800	2.070000e-05	0.00	700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

## Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [°C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.57	0.91	0.79	86.8	0.00
2	15.36	13.14	1.71	13.0	0.00
3	17.59	15.01	7.52	50.1	0.00
4	18.93	16.24	8.64	53.2	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kylästyiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## Lisätiedot:

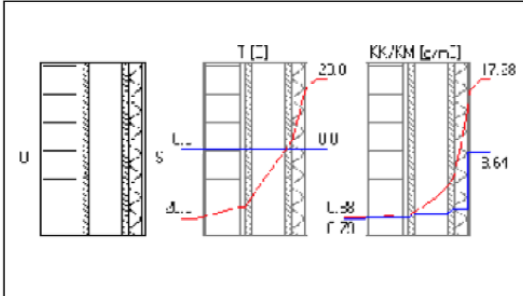


Rakennuskohde: Ääystön peruskoulun ala-aste	Sisältö: Vanhan osan ulkoseinän paramusehdotus	
Suunnittelija:	Päiväys: 20.4.2011	Turnus:

**Rakenteen pää tiedot:**

U-arvo: 0.322 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 397.090 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 262.08 kg  
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyrynvastus: 64107.212 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000016 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 3.110 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.040 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.100 m<sup>2</sup>K/W  
 Kuuma (0-90): 90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [g/m <sup>3</sup> h]:	Hinta [€/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Laasti (kalikkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2 Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
3 Tuuletettava ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
4 Puu (mäntty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
5 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
6 Saharipuru	125.00	0.1200	6.600000e-04	0.00	160.00
7 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
8 Puu (mäntty)	25.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
9 Mineraalivilla	50.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
10 Muovikalvo 0.09 mm	0.09	0.3400	1.620000e-09	0.00	900.00
11 Puukuitulevy, huokoi	10.00	0.0550	1.080000e-04	0.00	350.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [€/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K] (kp):
1 ?	—	—	—	—	0.00 (4)

T=Paksuus, LJ=Lämmönjohtavuus, VHL=Vesihöyrynläpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK=Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:**

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste	T [°C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>3</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.49	0.91	0.79	86.2	0.00
2	-19.36	0.92	0.82	88.4	0.00
3	-16.57	1.19	0.96	80.7	0.00
4	-16.54	1.19	0.96	80.6	0.00
5	-13.87	1.54	1.27	82.3	0.00
6	-13.77	1.55	1.37	88.4	0.00
7	-0.38	4.72	1.40	29.6	0.00
8	-0.29	4.75	1.50	31.6	0.00
9	2.39	5.74	1.81	31.5	0.00
10	16.37	13.96	1.82	13.1	0.00
11	16.38	13.97	8.63	61.8	0.00
12	18.71	16.04	8.64	53.9	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyltymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot:**